

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”  
Інженерно-хімічний факультет  
Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри МАХНВ  
\_\_\_\_\_ Я.М. Корнієнко  
(підпис)  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 р.

**МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ  
на здобуття освітнього ступеня «Магістр»**

**за спеціальністю:** 133 Галузеве машинобудування

**спеціалізацією:** Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання целюлозно-паперового виробництва

**на тему: Удосконалення картоноробної машини ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат».**

**Модернізація клеїльного пресу картоноробної машини (Комплексна)**

**Виконав студент 6-го курсу, групи ЛБ-71мп**

**Сергій Валерійович Сюрвасєв**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Керівник проекту** канд. техн. наук, ст. викл. О.А. Новохат

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Консультанти:**

охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

канд. техн. наук, доцент І. М. Ковтун

\_\_\_\_\_  
(підпис)

очікувані техніко-економічні показники модернізації

доц. Н.Є. Скоробогатова

\_\_\_\_\_  
(підпис)

технологія виготовлення кільця торцевого

старш. викл. Я. Г. Двойнос

\_\_\_\_\_  
(підпис)

автоматичний контроль і керування процесом

ст. вик. В.В. Колпаков

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Рецензент**

\_\_\_\_\_  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_ С.В. Сюрвасєв

(підпис)

Київ – 2018

## Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів .....	13
Вступ.....	14
1 Призначення та область застосування пресу клеїльного .....	15
1.1 Опис технологічного процесу .....	15
1.2 Вибір типу клеїльного пресу та його місце в технологічній схемі картоноробної машини .....	16
2 Технічна характеристика пресу клеїльного .....	18
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції.....	19
3.1 Конструкція та принцип дії механізму та його складальних одиниць .....	19
3.2 Вибір матеріалів .....	22
3.3 Відомості про використані винаходи і патентну чистоту .....	22
4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій ..	28
4.1 Розрахунок збільшення вологості картонного полотна в клеїльному пресі .....	28
4.2. Розрахунок швидкості витікання клею .....	30
4.3 Розрахунок витрати клею.....	31
4.4 Розрахунок жорсткості оболонки притискного валу .....	33
4.5 Розрахунок бомбірування притискного валу.....	35
4.6 Розрахунок на міцність оболонки та цапф притискного валу .....	36
4.7 Вибір підшипників та визначення їх довговічності .....	38
4.8 Розрахунок притискного валу на критичну частоту обертання .....	40
4.9 Розрахунок зусилля притискання та визначення діаметру діафрагми .....	41
4.10 Розрахунок важеля притискного валу .....	43
4.11 Розрахунок тягових зусиль для приводу валів пресу .....	46
4.12 Розрахунок потужності приводу .....	48

					ЛБ71.705533.001 ПЗ						
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Разроб.	Сюрвасєв				Удосконалення картоноробної машини ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат».  Модернізація клеїльного пресу картоноробної машини (Комплексна) Пояснювальна записка	Літ.		Лист		Листів	
Перев.	Новохат							10		151	
						КПІ ім. Ігоря Сікорського,  ІХФ, каф. МАХНВ					
Н.Контр.	Новохат										
Затв.											

4.13 Вибір електродвигуна .....	49
4.14 Розрахунок шаберу клеїльного валу .....	50
4.15 Розрахунок блоку з інфрачервоними випромінювачами .....	52
5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	55
5.1 Небезпека ураження електричним струмом .....	56
5.2 Небезпека від рухомих частин.....	58
5.3 Виробничий шум.....	59
5.4 Виробнича вібрація .....	60
5.5 Виробниче освітлення.....	61
5.6 Повітря робочої зони.....	61
5.7 Пожежна небезпека (Надзвичайні ситуації) .....	63
6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації пресу клеїльного .....	67
6.1 Заходи безпеки.....	67
6.2 Підготовка до монтажу .....	67
6.3 Монтаж.....	68
6.4 Наладка і монтажні випробування .....	70
6.5 Здача в експлуатацію змонтованого обладнання .....	71
6.6 Вимоги для правильної та безаварійної експлуатації преса .....	72
7 Рівень стандартизації та уніфікації .....	73
8 Економічна частина проекту .....	74
8.1 Обґрунтування необхідності модернізації устаткування .....	74
8.2 Розрахунок суми капітальних витрат .....	76
8.3 Розрахунок економічного ефекту від впровадження модернізації.....	83
8.4 Оцінка ефективності модернізації устаткування.....	85
Висновки.....	87
Выводы .....	89
Conclusions.....	91
Перелік посилань.....	93
Додаток А Технологія виготовлення кришки підшипникового вузла .....	95

Додаток Б Автоматичний контроль і керування процесом формування паперового полотна.....	122
Додаток В Документація до патентного дослідження .....	130
Додаток Г Комп'ютерний розрахунок .....	137
Додаток Д Патенти, які використані в патентному дослідженні .....	140
Додаток Е Публікації автора .....	146

					ЛБ71.705533.001ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

Умовні скорочення:

ЦПВ – целюлозно-паперове виробництво;

ПРМ – папероробна машина;

КРМ – картоноробна машина;

ККД – коефіцієнт корисної дії.

ІЧВ – інфрачервоні випромінювачі.

Умовні позначення:

$B$  – необрізна ширина картонного полотна, м;

$g$  – маса  $1 \text{ м}^2$  картонного полотна,  $\text{кг/м}^2$ ;

$V$  – швидкість машини картоноробної машини, м/с;

$D$  – зовнішній діаметр валу, м;

$d$  – внутрішній діаметр валу, м;

$L$  – відстань між центрами підшипникових опор, м;

$l$  – довжина оболонки валу, м;

$n$  – частота обертання притискного валу,  $\text{с}^{-1}$ ;

$\rho$  – густина,  $\text{кг/м}^3$ ;

$v$  – швидкість витікання клею, м/с;

$U$  – вологовміст;

$I$  – момент інерції,  $\text{м}^4$ ;

$W$  – момент опору,  $\text{м}^3$ ;

$M$  – момент згинальний,  $\text{Н}\cdot\text{м}$ ;

$\sigma$  – напруження при згині, Па;

$E$  – модуль пружності матеріалу, Па;

$T$  – тягове зусилля, Н;

$N$  – потужність, Вт.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

Збільшення обсягів виробництва картону, підвищення його якості та зменшення витрат електроенергії є першочерговою задачею, що необхідно досягнути при модернізації існуючих картоноробних машин.

Для покращення якісних характеристик картону виконують процес проклеювання картонного полотна на клеїльному пресі картоноробної машини.

На вітчизняних машинах експлуатуються клеїльні преси застарілих конструкцій, після яких відбувається налипання клею на сушильних циліндрах. Тому робота з модернізації пресу клеїльного картоноробної машини для зменшення налипання клею на наступному сушильному циліндрі після клеїльного пресу є актуальною задачею.

Метою проекту є модернізація пресу клеїльного картоноробної машини.

Для досягнення цієї мети сформульовано такі задачі:

- проаналізувати сучасні конструкції клеїльного пресу, розташованого в сушильній частині картоноробної машини; визначити їх переваги і недоліки, вибрати конструкції аналогів;
- виконати розрахунки, що підтверджують надійність і працездатність обраної конструкції;
- надати рекомендації по виготовленню, монтажу та експлуатації пресу клеїльного, які гарантують його надійну роботу; забезпечити відповідність розробленої конструкції вимогам охорони праці.
- розробити складальні креслення пресу клеїльного; нижнього гумованого (притискного) валу; інфрачервоних випромінювачів.

Завдання на дипломний проект отримано під час проходження переддипломної практики 3 вересня 2018 року та затверджене наказом університету від 12 листопада 2018 р № 4139-с.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 Призначення та область застосування пресу клеїльного

## 1.1 Опис технологічного процесу

Клеїльний прес використовують для поверхневої проклейки, пігментації і легкого крейдування. Клеїльний прес встановлюють в сушильній частині картоноробної машини (рисунок 1.1), де сухість картонного полотна під час надходження на поверхневу обробку становить не менше 70%, а з урахуванням зволоження полотна в пресі його сухість доцільно підтримувати в межах 80-90%. Це пояснюється тим, що картон сухістю нижче 70% при додатковому зволоженні буде обриватися. Крім того, полотно з високою вологістю після обробки важко досушується.

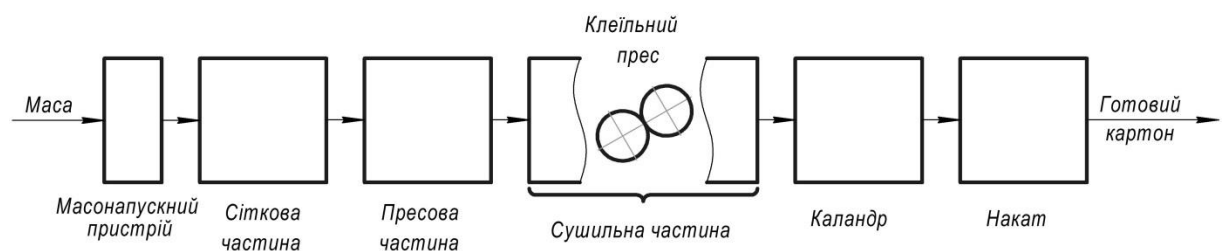


Рисунок 1.1 – Схема розташування клеїльного пресу

У традиційних двовалкових клеїльних пресах нанесення проклеювальної композиції на поверхню полотна-основи здійснюється за допомогою сприсків, зняттям її картоном з поверхні валів, або ж занурюють в розчин клею з подальшим віджиманням надлишку клею між валами преса.

Істотний недолік в роботі клеїльних пресів – утворення складок на полотні, тому на виході з клеїльного преса картон проходить спеціальні розгінні валики для вирівнювання поверхні. Валики облицьовуються силіконовим покриттям для запобігання прилипання до нього сирого полотна, покритого проклеюючим матеріалом. З тієї ж причини розгінні валики і перший сушильний циліндр встановлюються на такій відстані від преса, щоб забезпечити часткове затвердіння клейової плівки. Проте все ж

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

відбувається часткове налипання клею на поверхню сушильного циліндра.

Картонне полотно заправляється в зазор між валами преса, а далі – в сушильну частину картоноробної машини. Вали преса змикаються з певним зусиллям. В простір між валами зі сопл, розташованих по обидва боки полотна, подається рівномірно по всій ширині валів розчин проклеюючого матеріалу з таким розрахунком, щоб постійно підтримувався певний рівень клею між валами. Таким чином, в своєму русі через клеїльний прес картонне полотно спочатку проходить через шар проклеюючого матеріалу, а потім між валами преса.

Після виходу з преса картон з нанесеним клеєм надходить на сушіння в хвостову сушильну частину картоноробної машини. Процес проклейки завершується під дією теплової обробки картонного полотна при досушуванні. У цей період картон набуває задані якісні показники. Поверхнева проклейка в клеїльних пресах вимагає збільшення сушильної частини папероробної машини на 15-40%. Пояснюється це складністю видалення вологи з проклеєною картоном.

Для зменшення налипання клею на перший сушильний циліндр вирішено розробити установку для часткового висихання плівки нанесеного клею.

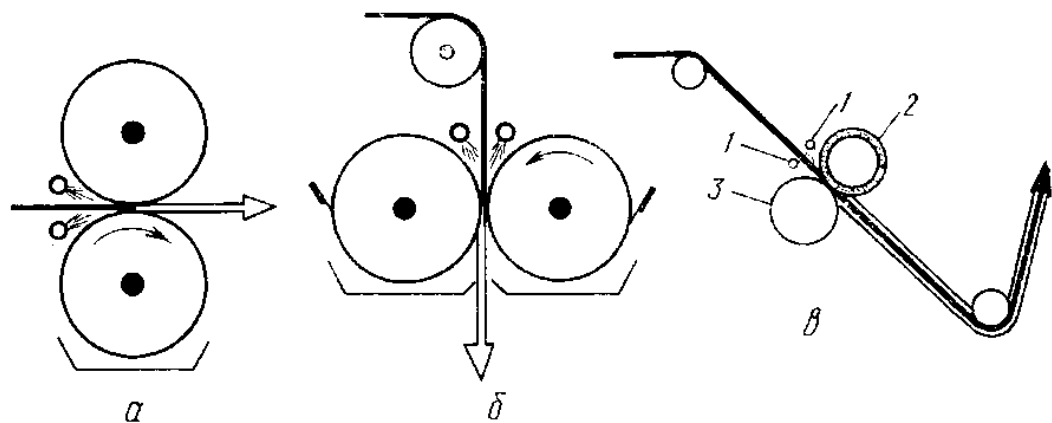
## **1.2 Вибір типу клеїльного пресу та його місце в технологічній схемі картоноробної машини**

У клеїльному пресі, що встановлюється в сушильній частині картоноробної машини, можна здійснювати численні операції обробки картому: поверхневу її проклейку, забарвлення, пластифікацію, нанесення покривного шару, надання спеціальних властивостей (вологоміцності, водо-, і жиронепроникності, вогнестійкості та ін.).

Залежно від розташування валів розрізняють преси вертикальні,

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

горизонтальні і похилі (рисунок 1.2).



а – вертикальний, б – горизонтальний, в- похилый

1 – подача клейкого розчину, 2 – гумований вал, 3 – стонітовий вал

Рисунок 1.2 – Схеми пресів клеїльних

Обидва вали клеїльного преса повинні мати незалежний привід. Кожен прес складається з двох валів, між якими проходить картон. Діаметр валів 450-800 мм залежить від швидкості і ширини машини. Горизонтальні нижні вали обгумовані, верхні – з стонітові.

Спосіб подачі клейового розчину: у вертикального – нижнім валом, зануреним у ванну з суспензією; у горизонтального - сприсками на обидві сторони картонного полотна; у похилого – двома допоміжним валиками, між якими подається суспензія.

В даний час найбільш поширені преси з похилим розташуванням валів, так як при цьому поліпшується заправка полотна і можна створити підпір клеїльного складу. Це дозволяє підвищити швидкість машини і отримати більш якісну проклею.

Одним з найпоширеніших типів клеїльних пресів є похилі.

Метою даної роботи є розробка пресу клеїльного з похилим розташуванням валів. Кут нахилу площини, що проходить через осі валів, до горизонтальної площини становить  $30^\circ$ .

## 2 Технічна характеристика пресу клеїльного

Технічна характеристика пресу клеїльного наведена в таблиці 2.1.

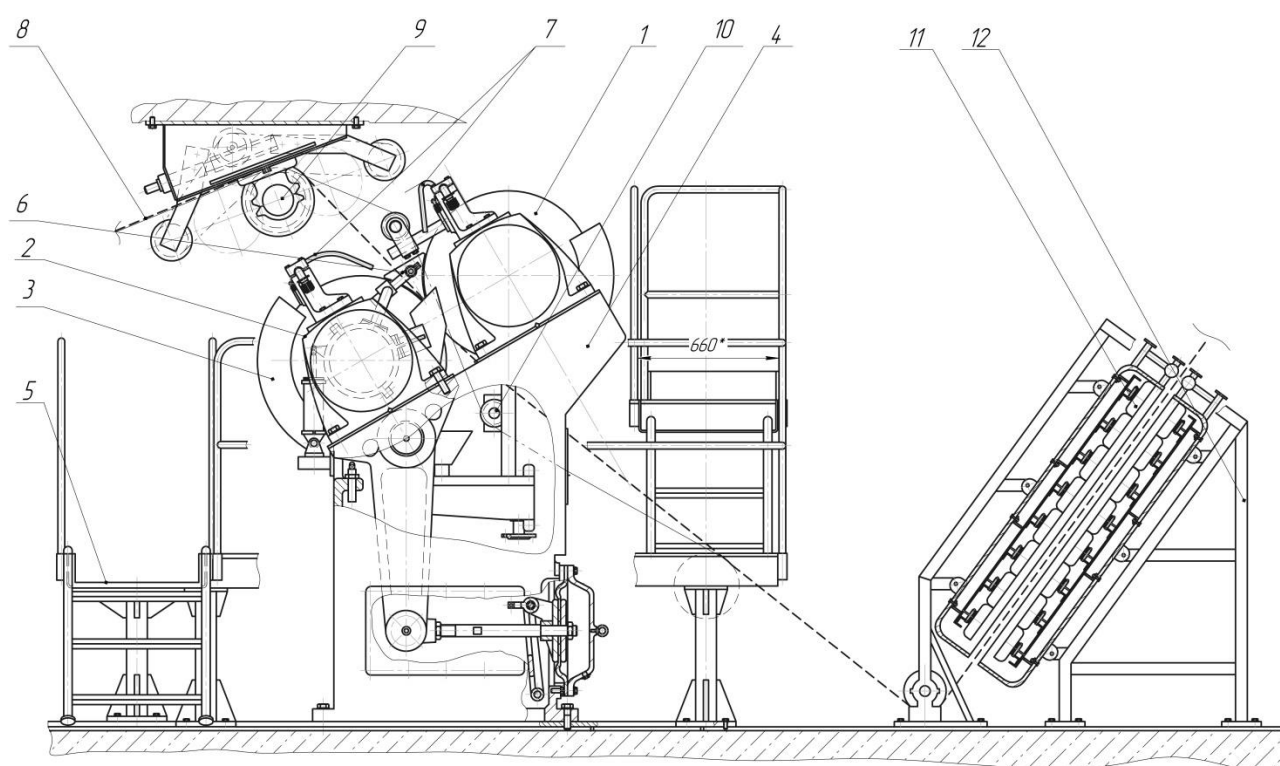
Таблиця 2.1 – Технічна характеристика пресу клеїльного

Параметр	Розмірність	Значення
Швидкість машини	м/с	8,33
Обрізна ширина картонного полотна	м	4,2
Лінійний тиск у захваті між валами пресу	кН/м	30
Маса квадратного метра картону	кг/м <sup>2</sup>	0,2
Маса стонітового валу	кг	7054
Маса гумованого валу	кг	6960
Маса папероведучого валика	кг	1350
Діаметр клеїльний валів	м	0,8
Кількість сприскових труб для подачі клею	шт.	2

### 3 Опис та обґрунтування обраної конструкції

#### 3.1 Конструкція та принцип дії механізму та його складальних одиниць

Клеїльний прес (рисунок 3.1) похилого типу встановлений між VI і VII приводними сушильними групами (між 71-м і 72-м сушильними циліндрами) картоноробної машини. Кут нахилу площини, що проходить через осі валів, до горизонтальної площини становить  $30^\circ$ . Картон підводиться до валів зверху.



1 – стонітовий вал; 2 – гумований вал; 3 – корито; 4 – станина;

5 – містки; 6 – торцеві щитки; 7 - сприски для клею;

8 – картоне полотно; 9 – картоноведучий валик; 10 – кронштейн з роликом ; 11 – інфрачервоні випромінювачі; 12 - опора

Рисунок 3.1 - Схема клеїльного пресу

Один з валів преса гумований, встановлений на поворотних опорах і притискається до другого за допомогою пневматичного мембранного

механізму; другий вал (верхній) зі стонітовим покриттям встановлений на нерухомих опорах.

Вали преса мають діаметр 800 мм, розрахунковий лінійний тиск між ними становить 30 кН/м (30 кгс/см). Обидва вали приводні, бомбіровані на 0,35 мм по діаметру. Клей наноситься на обидві сторони полотна картону двома sprisковими трубами, розташованими над валами преса. Регулювання витрати при роботі і включення/вимикання подачі клею при обриві здійснюється ручними кульовими вентилями. Для створення між валами необхідного рівня клейової ванни, однакового по всій ширині картонного полотна, передбачені торцеві щитки. Надлишок клею через зазори між торцевих щитком і валами стікає в воронки з лицьового і приводного боку, з яких направляються на вібраційний фільтр і повертається в бак для подачі клею. По краях валів передбачені корита для уловлювання розбризкування клею.

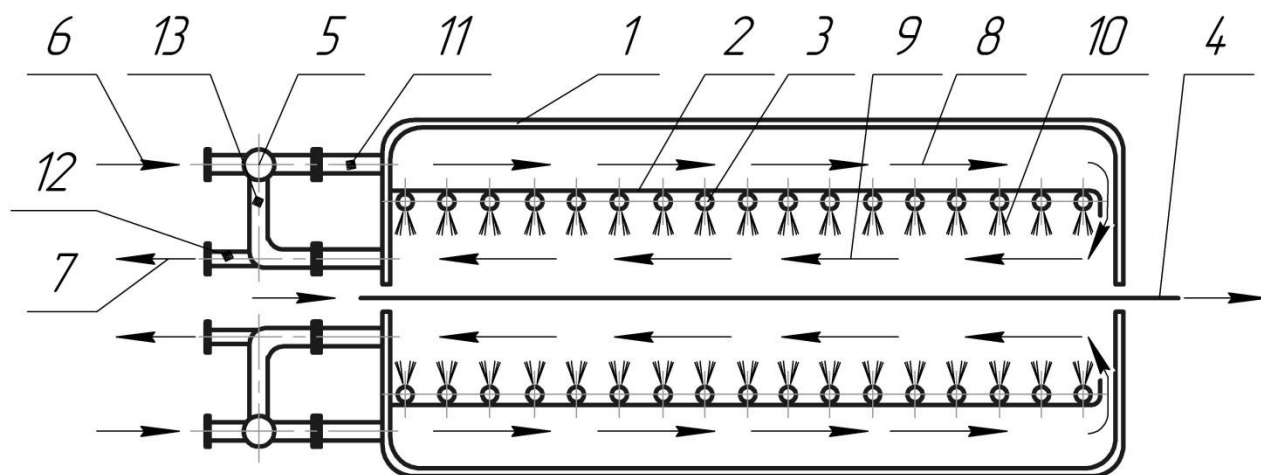
Заправка полотна картону через клеїльний прес здійснюється системою заправних канатиків сушильної частини при розведених валах. Під час заправки картону торцевий щиток і воронка, встановлені на лицьовій стороні машини, відводяться за допомогою пневмоциліндра. Після того, як полотно картону заправляється в 7-му групу, вали преса зводяться і навантажуються. При цьому підводиться на місце торцевий щиток і воронка, та відкривається подача клею.

Для зменшення налипання проклеєного полотна на перший сушильний циліндр після клеїльного пресу вирішено встановити ковпак з інфрачервоними випромінювачами.

Для зменшення втрат теплоти в ковпак з ІЧ випромінювачами подається повітря в зазорі між зворотною поверхнею випромінювачів та внутрішньою поверхнею ковпака (рисунок 3.2). На відповідну конструкцію подано заявку на патент України на корисну модель.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





- 1 – ковпак з теплоізоляцією; 2 – рефлектор; 3 – ІЧ випромінювачі;  
 4 – проклеєне паперове чи картонне полотно; 5 – вентилятор;  
 6 – забір свіжого повітря; 7 – частковий вихід відпрацьованого повітря;  
 8 – повітря, що нагрівається; 9 – нагріте повітря; 10 – ІЧ випромінювання

Рисунок 3.2 – Установка ІЧ випромінювачів

Через патрубок 11 свіже повітря 6 потрапляє під ковпак з теплоізоляцією. Проходячи над нагрітим рефлектором 2 інфрачервоних випромінювачів 3, свіже повітря 6 починає нагріватись, перетворюючись на теплоносій 8, що нагрівається. Далі повністю нагрітий теплоносій 9 проходить над поверхнею проклеєного паперового чи картонного полотна 4 продуваючи його поверхню. Разом з впливом інфрачервоного випромінювання 10 від випромінювачів 3 нагрітий теплоносій 9 забезпечує інтенсивне сушіння полотна 4. Нагрітий теплоносій 9 після проходження над полотном 4 стає охолодженим насиченим вологою повітрям 7, яке видаляється назовні з ковпака 1 через патрубок 12. Є можливість часткового його повернення в ковпак 1 через патрубок 13. Рециркуляція відпрацьованого 7 повітря як сушильного агенту дозволить зменшити втрати теплоти з повітрям.

### 3.2 Вибір матеріалів

Оболонки валів виготовлені з чавуну марки ВЧ40 ГОСТ 7293-85. Даний чавун дозволяє здешевити та спростити виготовлення оболонок валів та забезпечити його необхідними властивостями міцності та жорсткості.

Вали покриті гумою та стонітом, які сприймають високі температури та є відносно недорогими матеріалами.

Цапи валів виконанні із сталі марки 40Х ГОСТ 4543-71. Дана сталь володіє високими механічними властивостями, придатна для термічної та хіміко-термічної обробки.

Цапи встановлюються в два підшипника кочення роликового дворядного сферичного \*22340 ССК/ВК/В33, які виготовлені із сталі ШХ15 ГОСТ 801-78, що характеризується високою твердістю та зносостійкістю.

Станини пресу клеїльного виконані із чавуну СЧ 18 ГОСТ 1412-85. Адже саме сірий чавун має високі ливарні властивості (низьку температуру кристалізації, хорошу текучість в розплавленому стані та малу усадку).

Елементи підведення і відведення клеїльного розчину виготовлені з нержавіючої сталі марки 12Х18Н9 ГОСТ 5632-72. Обраний матеріал характеризує підвищена міцність, він піддається зварюванню, є корозійностійким та придатним для роботи в слабких кислотних середовищах.

Шабери валів виготовлені з прокатної фосфористої бронзи БрСу6Ф1 ГОСТ 493-79. Це пов'язано з тим, що бронзові шабери забезпечують довговічність валів. Після зношення їх замінюють на нові. Щитки, корито, збірники, воронки і містки виготовленні з сталі марки 40Х ГОСТ 4543-71.

### 3.3 Відомості про використані винаходи і патентну чистоту

В даній магістерській дисертації розроблено клеїльний прес похилого

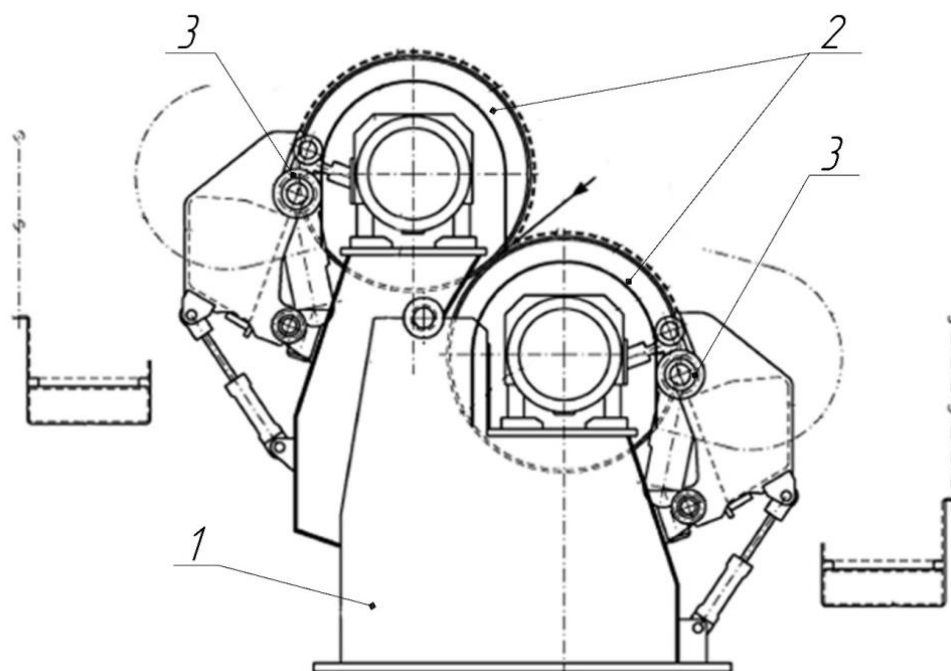
					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

типу для поверхневого проклеювання картонного полотна. Суттєвою ознакою даної конструкції є розташування валів та їх покриття.

Предмет пошуку:

- 1) клеїльний прес;
- 2) вал пресовий.

У патенті [2] запропоновано клеїльний прес картоноробної машини (рисунок 3.3), що містить два вали, на які наноситься клей за допомогою



роликів.

1 – станина; 2 – вали клеїльного пресу; 3 – механізм нанесення клею

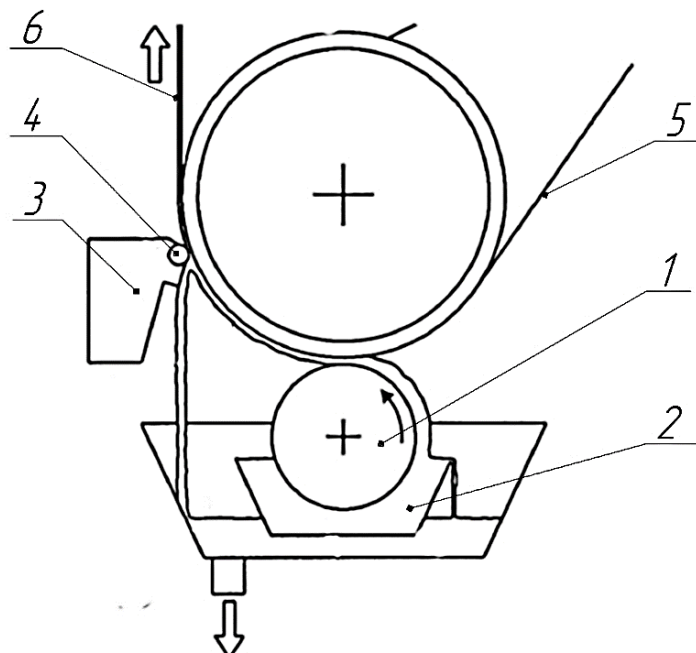
Рисунок 3.3 – Схема похилого клеїльного пресу

Перевагами конструкції є значна економія клею. Він наноситься на паперове (картонне) полотно через поверхню валів завдяки використанню механізму подачі клею у вигляді ролика, а не у вигляді простого sprisku.

Недоліком даної конструкції є вірогідність нерівномірного проклеювання полотна, що призводить до отримання неякісної продукції.

У патенті [3] пропонується пристрій та метод нанесення клею на картон, в тому числі гофрований (рисунок 3.4). Пристрій складається з валу, зануреного у клейову ванну, контактної балки, рухомої притискної губи та

регулювальних болтів з пружинами. Плівка клею наноситься на картонне полотно, що проходить між губою та обертовим валом.



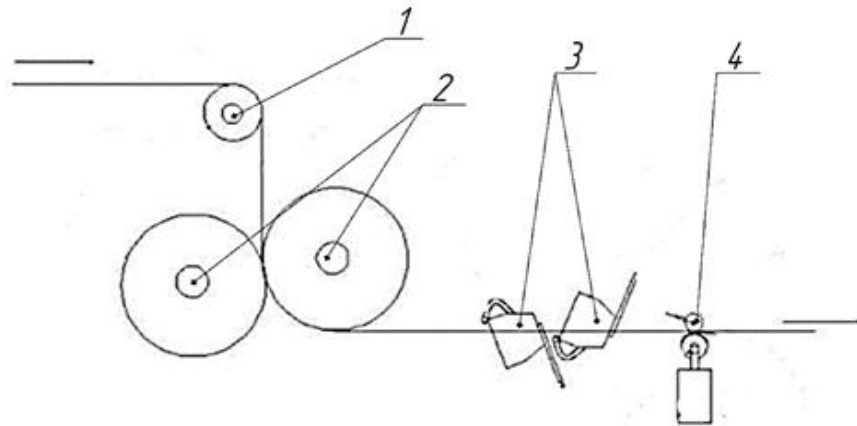
1 – клеїльний вал; 2 – клеїльна ванна; 3 – рухома притискна губа;  
4 – контактна балка; 5 – картонне полотно; 6 – проклеєне картонне  
полотно

Рисунок 3.4 – Схема пристрою та методу проклеювання

Перевагою даної конструкції є можливість регулювати товщину нанесення плівки за допомогою притискної губи до валу.

Недоліком є більш великі витрати клею, швидке зношування валів. Також для встановлення клеїльного пресу в сушильній частині потрібно використовувати спеціальні дорогі клейкі розчини, які не змінюватимуть свої якісні показники при підвищених температурах.

У патенті [4] запропоновано пристрій для покриття картонного або паперового полотна за допомогою валика, який розташований над валами пресу (рисунок 3.5). Вали клеїльного пресу розташовані горизонтально та притискаються один до одного, проклеюючи картонне полотно. Після валів пресу встановлені плівкові розподілювачі та додаткові пресові вали башмачного типу.



1 – вал для нанесення клею; 2 – клеїльні вали;

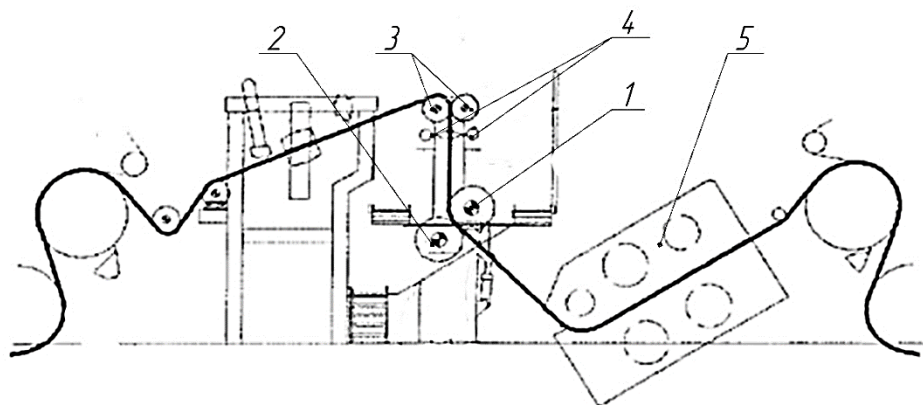
3 – додаткові колекторні розподілювачі; 4 – пресові вали

Рисунок 3.5 – Схема зображення клеїльного пресу

Перевагою даного методу є можливість нанесення різної структури клею, а також можливе фарбування картонного полотна.

Недоліком даної конструкції є неможливість проклеювання полотна однаково з двох сторін та забруднення одного із валів пресу.

У патенті [5] авторами розроблено клеїльний прес (рисунок 3.6), що містить два вали – гумований (нерухомий) та стонітовий (рухомий), систему сприсків, допоміжні вали та в якості досушуючої частини представлені інфрачервоні випромінювачі.



1 – стонітовий вал; 2 – гумований вал; 3 –направляючі вали;

4 – сприски; 5 – інфрачервоні випромінювачі

Рисунок 3.6 – Схема похилого клеїльного пресу

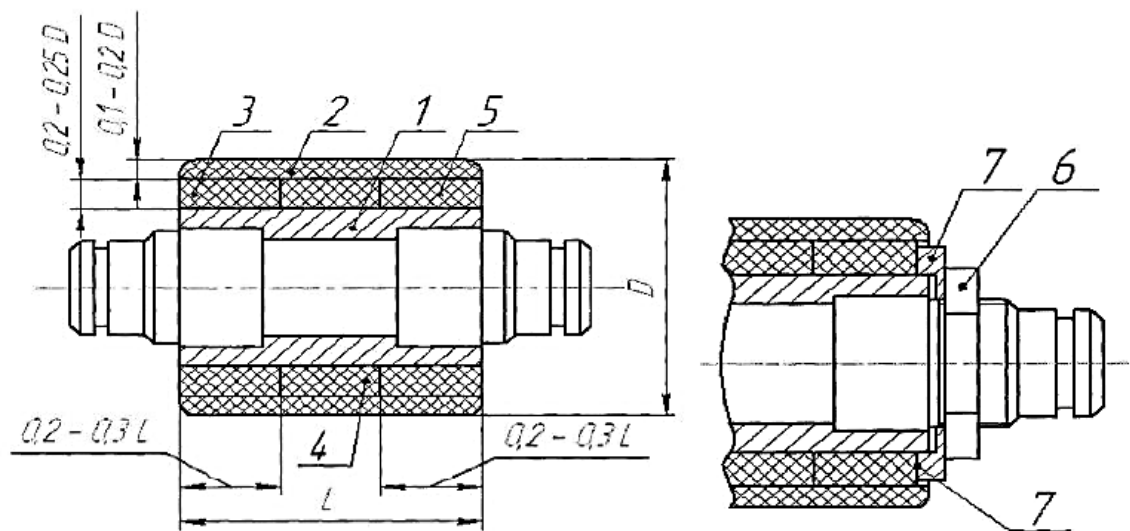
Перевагами даної конструкції є фіксація картонного полотна за допомогою верхніх валів та збільшення продуктивності пресу (швидкості протікання клею) за рахунок похилого розташування валів.

Недоліком конструкції є складність монтажу та обслуговування пресу. Для відведення верхнього валу витрачається електроенергія.

У патенті [6] розроблено вал для клеїльного пресу, що має верхній шар еластичного матеріалу та внутрішній, який складається з трьох частин різної твердості (рисунок 3.7).

Перевагою даного пресового клеїльного валу є можливість регулювання твердості еластичного шару за рахунок зміни зусилля притискання.

Недоліком даної конструкції є необхідність зупинки пресу для регулювання твердості еластичного шару. Також клеїльний вал не забезпечує необхідне відведення надлишку клею.



1 – сердечник валу; 2 – верхній еластичний шар; 3, 4, 5 – еластичні шари різної твердості; 6 – гайка; 7 – кільця

Рисунок 3.7 – Схема пресового клеїльного валу

Висновок: Аналіз патентів дозволяє зробити висновок, що конструкцію клеїльного пресу можна вдосконалити, запропонувавши

встановлення інфрачервоних випромінювачів після клеїльного пресу що дозволить зменшити налипання проклеєного полотна на подальшому сушильному циліндрі.

Запропонована конструкція клеїльного преса і його складових частин відповідає умовам патентоспроможності винаходу (корисної моделі).

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій

### 4.1 Розрахунок збільшення вологості картонного полотна в клеїльному пресі

Розрахункова схема клеїльного пресу наведена на рисунку 4.1.

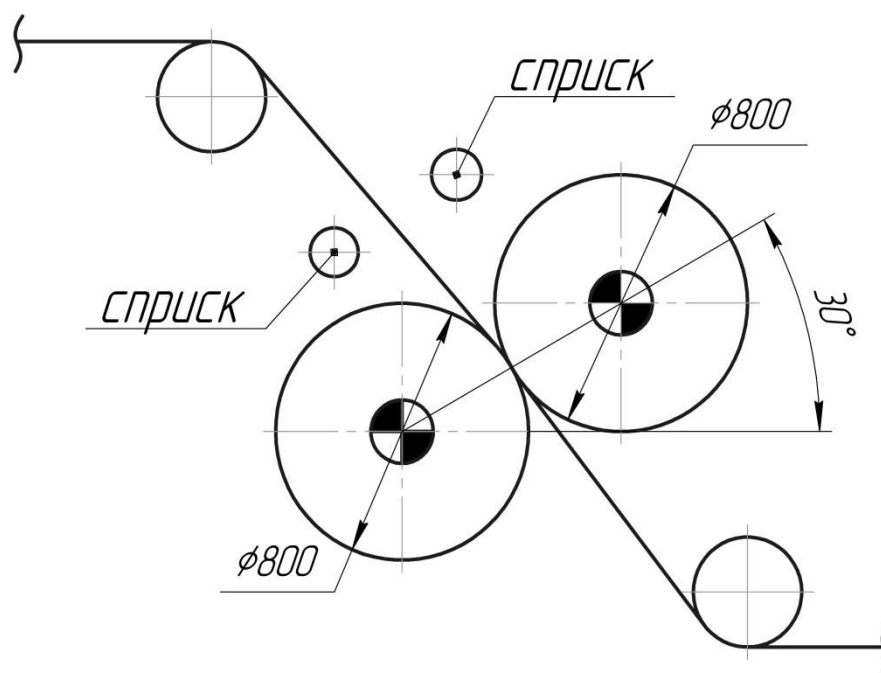


Рисунок 4.1 – Загальна схема клеїльного пресу

Метою даного розрахунку є визначення збільшення вологи картону в клеїльному пресі.

Вихідні дані:

Необрізна ширина картонного полотна $B$ , м	4,25;
швидкість машини на клеїльному пресі $V$ , м/с (м/хв)	8,33 (500);
маса 1 м <sup>2</sup> картонного полотна $g$ , кг/м <sup>2</sup> (г/м <sup>2</sup> )	0,2 (200);
сухість картонного полотна до клеїльного пресу $S_1$ , %	80;
сухість картонного полотна перед сушильною частиною $S_0$ , %	40;
сухість картону на накаті $S_2$ , %	94;



маса сухої речовини, нанесеної на картонне полотно  $k$ ,  $\text{кг/м}^2$  0,002;  
 концентрація розчину клею  $C$ , % 6.

Розрахунки проводимо за методикою, наведеною в літературі [1].

Продуктивність картоноробної машини на накаті по абсолютно сухому картону:

$$Q = B \cdot V \cdot g \cdot S_2 = 4,25 \cdot 8,33 \cdot 0,2 \cdot 0,94 = 6,65 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

Кількість вологи, яку вбирає  $1\text{м}^2$  картону:

$$g_{\text{вл}} = \frac{2k(100 - C)}{C} = \frac{2 \cdot 0,002 \cdot (100 - 6)}{6} = 0,063 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2},$$

Збільшення відносної вологи картону в клеїльному пресі складає:

$$W_0 = \frac{g_{\text{вл}}}{g_{\text{вл}} + g} \cdot 100\% = \frac{0,063}{0,063 + 0,2} \cdot 100\% = 23,95\%,$$

Вологовміст картонного полотна після клеїльного пресу:

$$U_{\text{п}} = \frac{100 - S_1}{S_1} + \frac{W_0}{100 - W_0} = \frac{100 - 80}{80} + \frac{23,95}{100 - 23,95} = 0,56 \frac{\text{кг}}{\text{кг}},$$

Вологість та сухість картонного полотна після клеїльного пресу будуть дорівнювати:

$$W = \frac{U_{\text{п}}}{1 + U_{\text{п}}} \cdot 100\% = \frac{0,56}{1 + 0,56} \cdot 100\% = 35,89\%,$$

$$S = \frac{1}{1 + U_{\text{п}}} \cdot 100\% = \frac{1}{1 + 0,56} \cdot 100\% = 64,1\%,$$

Кількість вологи, що видаляється в основній сушильній частині, складає:

$$M_{\text{осн}} = Q \cdot \left( \frac{100 - S_0}{S_0} - \frac{100 - S_1}{S_1} \right) = 6,65 \cdot \left( \frac{100 - 40}{40} - \frac{100 - 80}{80} \right) = 8,31 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

Кількість вологи, що видаляється в досушуючій сушильній частині, складає:

$$M_{\text{дос}} = Q \cdot \left( U_{\text{п}} - \frac{100 - S_2}{S_2} \right) = 6,65 \cdot \left( 0,56 - \frac{100 - 94}{94} \right) = 3,3 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарна кількість води, яка випарувалася в сушильній частині картоноробної машини:

$$M = M_{\text{осн}} + M_{\text{дос}} = 8,31 + 3,3 = 11,61 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Оскільки вологість картону збільшується на виході, клеїльний прес доцільно встановлювати в сушильній частині машини. Доцільно встановлювати таким чином, щоб поверхня сушильних циліндрів була не вище (23...27) % від всієї поверхні циліндрів сушильної частини [9].

Висновок: визначено, що вологість картону збільшується на 35,89%.

## 4.2 Розрахунок швидкості витікання клею

Розрахункова схема швидкості витікання клею наведена на рисунку 4.2.

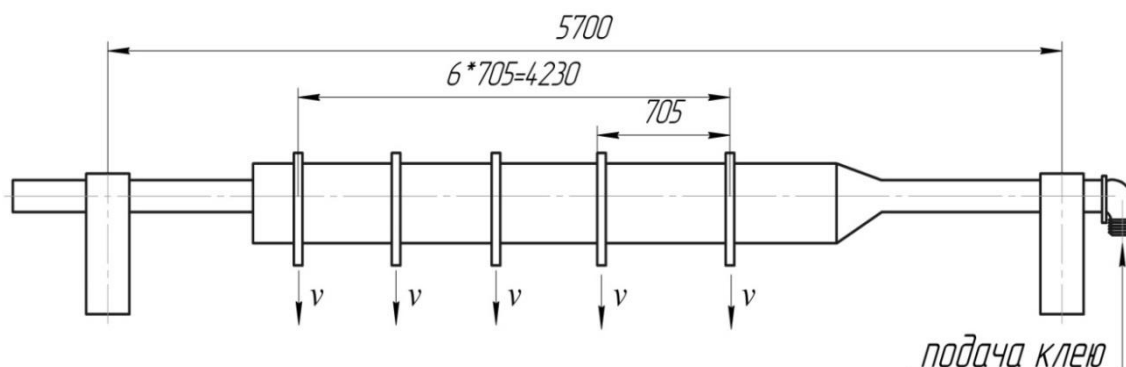


Рисунок 4.2 – Схема колекторного розподільвача

Метою даного розрахунку є визначення витікання клею з колекторного розподільвача та перевірка умови для формування плівки клею на валах для достатнього проклеювання полотна.

Вихідні дані:

Швидкість машини на клеїльному пресі V, м/с	8,33;
Крок між патрубками, мм	705;
Загальна відстань між патрубками, мм	4230;
Кількість патрубків	6;

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Розрахунок ведеться згідно методики, викладеної в [11].

Відомо, що для формування рівномірної плівки оптимальною різницею швидкостей нанесення плівки рідини та обертання валів є  $\Delta v = 6,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  [13].

Швидкість витікання клею:

$$v_{\text{кл}} = \mu \sqrt{2gh} = 0,06 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1} = 0,266 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

де  $\mu$  – дослідний коефіцієнт витрати рідини, що залежить від швидкості рідини, її властивостей та форми отвору витікання; при збільшенні довжини щілини  $\mu = 0,06 - 0,07$  і прямує до мінімальних значень [13];

$g$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ ;

$h$  – середня висота напору, м;

Різниця швидкостей подачі клею та обертанні валів клеїльного преса:

$$\Delta v' = V - v_{\text{кл}} = 8,33 - 0,266 = 8,064 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

Перевіряємо чи виконується умова для формування плівки клею на валах для достатнього проклеювання полотна:

$$\Delta v' > \Delta v$$

$$8,064 \frac{\text{м}}{\text{с}} > 6,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Висновок: з'ясовано, що умова нанесення рівномірної плівки виконується. Отже гарантується подача клею на вали з однаковою швидкістю по всій ширині, рівномірна концентрація клею на всіх ділянках потоку, відсутність турбулентного руху, максимальне запобігання утворення грудок клею.

### 4.3 Розрахунок витрати клею

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.2.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метою даного розрахунку є визначення витрати клею та конструктивних параметрів колекторного розподільвача.

Вихідні дані:

Продуктивність картоноробної машини на накаті по а.с.к. $Q, \frac{\text{кг}}{\text{с}}$	6,65;
ширина нанесення клею $L_{\text{щ}}, \text{м}$	4,68;
концентрація клею $c_{\text{кл}}, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	60;
витрата крохмалю $g_{\text{кр}}, \frac{\text{кг сух.реч.}}{\text{кг картону}}$	0,03.

Питома витрата клейстеру на проклеювання одного кілограму картону:

$$G_2 = \frac{g_{\text{кр}} \cdot \rho_{\text{кл}}}{c_{\text{кл}}} = \frac{0,03 \cdot 1085}{60} = 0,5425 \frac{\text{кг}}{\text{кг}},$$

де  $g_{\text{кр}} = 0,03 \frac{\text{кг сух.реч.}}{\text{кг картону}}$  - питома витрата клейкої речовини;

$\rho_{\text{кл}} = 1085 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  - густина клейкого розчину;

$c_{\text{кл}} = 60 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  - концентрація клеїльного розчину по сухим речовинам;

Масова витрата клею:

$$G_{\text{м}} = B \cdot V \cdot g \cdot (1 - W) = 4,25 \cdot 8,33 \cdot 0,2 \cdot (1 - 0,06) = 6,65 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 23940 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Питома об'ємна витрата клейкого розчину:

$$q_{\text{кл}} = \frac{G_{\text{м}} \cdot G_2}{3600 \cdot \rho_{\text{кл}}} = \frac{23,9 \cdot 10^3 \cdot 0,5425}{3600 \cdot 1085} = 3,32 \cdot 10^{-3}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Необхідно, щоб швидкість клею по всій довжині сплиску залишалася постійною.

Щоб урахувати гідравлічний опір та забезпечити регулювання витрати клею в спроектованому колекторному розподільвачі необхідно передбачити перелив клею 10% від розрахованої витрати [11].

Розраховуємо витрату клею з урахуванням переливу:

$$q'_{\text{кл}} = q_{\text{кл}} + 0,1 \cdot q_{\text{кл}} = 3,32 \cdot 10^{-3} + 0,1 \cdot 3,32 \cdot 10^{-3} = 3,65 \cdot 10^{-3}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо необхідну площу щілини для забезпечення рівномірного витікання клею:

$$F_{щ} = \frac{q_{кл}}{v_{кл}} = \frac{3,32 \cdot 10^{-3}}{0,266} = 0,125, \text{ м}^2$$

Визначаємо необхідну ширину щілини:

$$B_{щ} = \frac{F_{щ}}{L_{щ}} = \frac{0,125}{4,68} \approx 2,7 \cdot 10^{-3}, \text{ м}$$

Приймаємо мінімальний гарантований розмір щілини сприсків 0,003 м (3 мм).

Висновок: в даному розрахунку визначено витрату клею та мінімально допустимий розмір напірної щілини.

#### 4.4 Розрахунок жорсткості оболонки притискного валу

Розрахункова схема розрахунку жорсткості оболонки притискного валу наведена на рисунку 4.3.

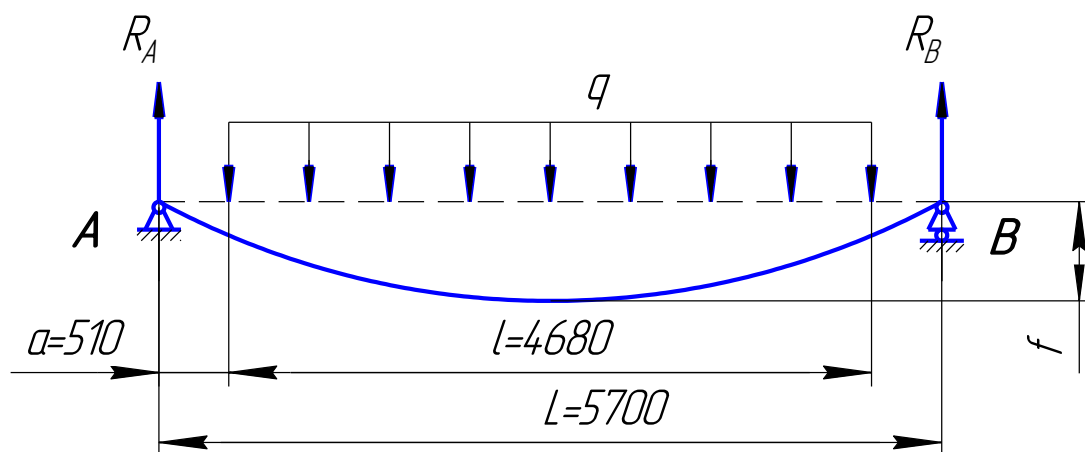


Рисунок 4.3 - Розрахункова розрахунку жорсткості оболонки притискного валу

Мета розрахунку: визначити чи виконується умова жорсткості оболонки валу.

Вихідні дані:

маса валу  $m$ , кг

5979;

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

лінійний тиск $q, \frac{\text{Н}}{\text{м}}$	30000;
кут площини що проходить через вісь валу до горизонталі $\alpha$	$30^\circ$ ;
зовнішній діаметр оболонки валу $D$ , м	0,76;
внутрішній діаметр оболонки валу $d$ , м	0,64;
відстань між центрами підшипникових опор $L$ , м	5,7;
довжина оболонки валу $l$ , м	4,68;
матеріал оболонки валу	ВЧ40;
модуль пружності матеріалу оболонки валу $E$ , Па [14]	$1,6 \cdot 10^{11}$ .

Розрахунок ведеться за методикою, наведеною в літературі [15].

Вага гумованого валу:

$$G = mg = 5979 \cdot 9,81 = 58654 \text{ Н},$$

Схема навантаження валу зображена на рисунку 4.4.

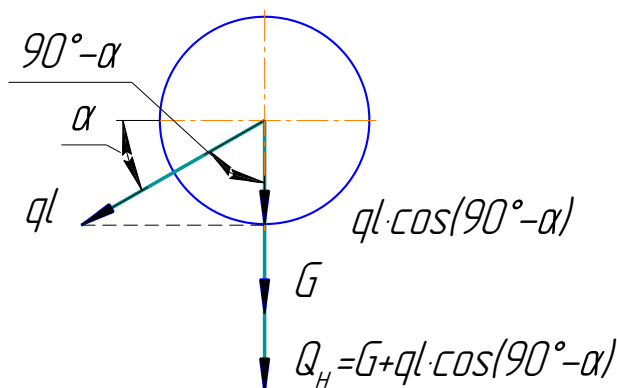


Рисунок 4.4 – Схема до розрахунку сумарного навантаження

Сумарне навантаження, що діє на нижній вал:

$$Q = G + q \cdot l \cdot \cos(90^\circ - \alpha^\circ) = 58654 + 30000 \cdot 4,68 \cdot \cos(90^\circ - 30^\circ) = 128854 \text{ Н},$$

Реакція опор:

$$R = R_A = R_B = \frac{Q}{2} = \frac{128854}{2} = 64427 \text{ Н},$$

Момент інерції в середині прольоту валу:

$$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) = \frac{3,14}{64} (0,76^4 - 0,64^4) = 0,00814 \text{ м}^4,$$

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Прогин валу в середині прольоту (рисунок 5.2):

$$f = \frac{Q \cdot l^2 \cdot (12 \cdot L - 7 \cdot l)}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{128854 \cdot 4,68^2 \cdot (12 \cdot 5,7 - 7 \cdot 4,68)}{384 \cdot 1,6 \cdot 10^{11} \cdot 0,00814} = 2,01 \cdot 10^{-4} \text{ м,}$$

де  $E = (1,15 \dots 1,6) \cdot 10^{11}$  Па – модуль пружності другого роду (модуль Юнга) для матеріалу валу, [14].

Відносний прогин становить:

$$\varepsilon = \frac{f}{l} = \frac{2,01 \cdot 10^{-4}}{4,68} = 4,297 \cdot 10^{-5},$$

Перевіряємо чи виконується умова жорсткості:

$$\varepsilon \leq [\varepsilon]$$

$$0,000043 < 0,00005$$

де  $[\varepsilon] = (5 \cdot 10^{-5} \dots 6,67 \cdot 10^{-5})$  – допустимий відносний прогин [14].

Висновок: визначено, що відносний прогин валу менший за допустимий відносний прогин, тобто конструкція валу відповідає умові жорсткості.

#### 4.5 Розрахунок бомбірування притискного валу

Розрахункова схема бомбірування притискного валу наведена на рисунку 4.5.

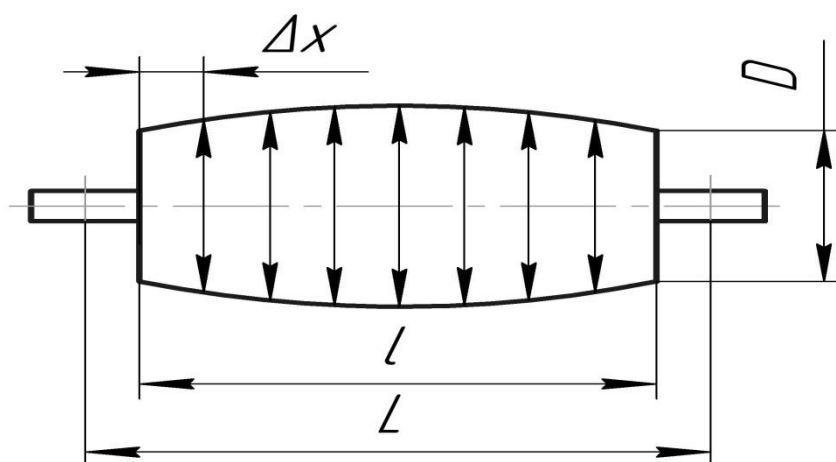


Рисунок 4.5 – Схема бомбірування притискного валу

Мета розрахунку: визначити координати кривої, що описує реальний профіль поверхні притискного валу.

Вихідні дані:

Відстань між центрами підшипникових опор  $L$ , м 5,7;

довжина оболонки валу  $l$ , м 4,68;

модуль пружності матеріалу оболонки валу  $E$ , Па [14]  $1,6 \cdot 10^{11}$ .

Розрахунок проводимо за методикою [16] в середовищі MathCad та наведено в додатку Г.

Висновок: згідно розрахунку визначено величину бомбірування валу по всій ширині вала.

#### 4.6 Розрахунок на міцність оболонки та цапф притискного валу

Розрахункова схема притискного гумованого валу наведена на рисунку 4.6.

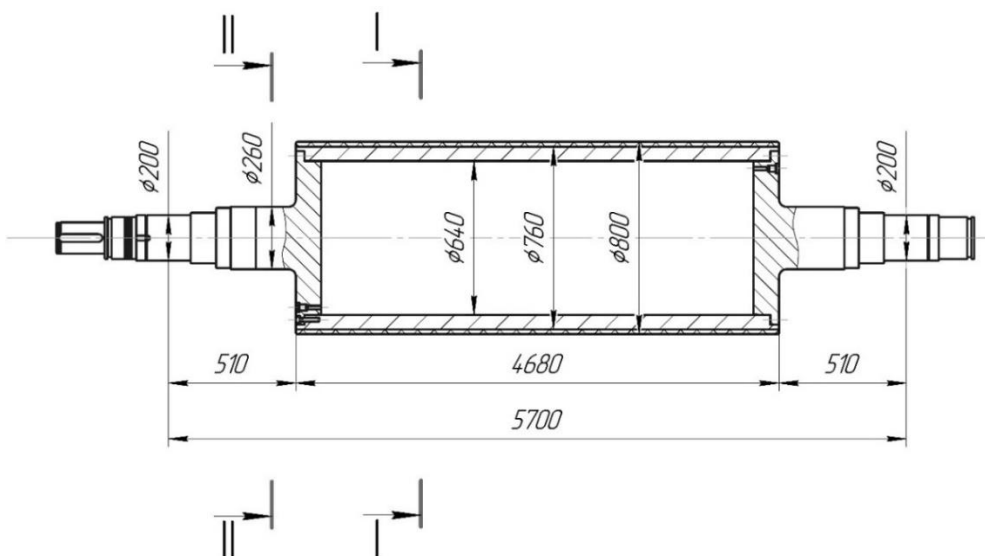


Рисунок 4.6 – Вал притискний гумований

Метою даного розрахунку є визначення, чи виконується умова міцності при даних параметрах валу.

Вихідні дані:

Сумарне навантаження, що діє на вал  $Q$ , Н 128854;

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36



зовнішній діаметр оболонки валу $D$ , м	0,76;
внутрішній діаметр оболонки валу $d$ , м	0,64;
діаметр цапфи валу $d_{\text{ц}}$ , м	0,26;
відстань між центрами підшипникових опор $L$ , м	5,7;
довжина оболонки валу $l$ , м	4,68;
відстань від оболонки до центра підшипника $a$ , м	0,51;
момент інерції в середині прольоту валу $I$ , м <sup>4</sup>	0,00814
матеріал оболонки валу	ВЧ40;
матеріал цапф валу	сталь 40Х;
межа витривалості матеріалу оболонки $[\sigma_{-1}]$ , Па [14]	$280 \cdot 10^6$ ;
межа витривалості матеріалу цапфи $[\sigma_{-1}]$ , Па [14]	$480 \cdot 10^6$ .

Розрахунок проводимо за методикою, наведеною в літературі [14].

У розрахунку не враховано сили, які чинить картонне полотно на вал.

Їх вплив незначний, тому ними можна знехтувати.

Розраховуємо момент опору перерізу I-I оболонки валу:

$$W_1 = \frac{2 \cdot I}{D} = \frac{2 \cdot 0,00814}{0,8} = 0,02035 \text{ м}^3,$$

Розраховуємо момент опору перерізу II- II цапфи валу:

$$W_2 = 0,1 \cdot d_{\text{ц}}^3 = 0,1 \cdot 0,26^3 = 0,00175 \text{ м}^3,$$

Розраховуємо згинальний момент у перерізу I-I оболонки валу:

$$M_1 = Q \cdot \left( \frac{L}{4} - \frac{l}{8} \right) = 128854 \cdot \left( \frac{5,7}{4} - \frac{4,68}{8} \right) = 108237 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

Розраховуємо згинальний момент у перерізу II- II цапфи валу:

$$M_2 = Q \cdot \left( \frac{L-l}{4} \right) = 128854 \cdot \left( \frac{5,7-4,68}{4} \right) = 32857,8 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

Розраховуємо напруження згинання в перерізі I-I оболонки валу:

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{W_1} = \frac{108237}{0,02035} = 5,3 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Перевіряємо чи виконується умова міцності в перерізі I-I оболонки валу:

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_1 \leq [\sigma_{-1}]$$

$$5,3 \cdot 10^6 \text{ Па} < 280 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

де  $[\sigma_{-1}] = 280 \cdot 10^6 \text{ Па}$  - допустиме напруження матеріалу оболонки валу.

Розраховуємо напруження згинання в перерізі II-II оболонки валу:

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{W_2} = \frac{32857,8}{0,00175} = 18,7 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Перевіряємо чи виконується умова міцності в перерізі II -II оболонки валу:

$$\sigma_2 \leq [\sigma_{-1}]$$

$$18,7 \cdot 10^6 \text{ Па} < 480 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

де  $[\sigma_{-1}] = 480 \cdot 10^6 \text{ Па}$  - допустиме напруження матеріалу цапф валу.

Висновок: в результаті розрахунку було визначено, що умови міцності цапф та валу в найбільш навантажених перерізах виконуються, а запаси міцності достатні.

#### 4.7 Вибір підшипників та визначення їх довговічності

Схема геометричних параметрів вибраного підшипника наведена на рисунку 4.7.

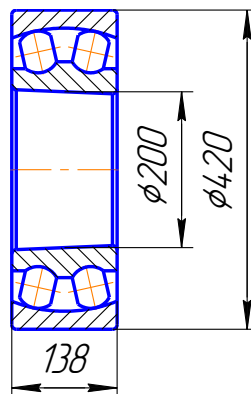


Рисунок 4.7 – Геометричні параметри вибраного підшипника

Мета розрахунку: вибір підшипників та визначення їх ресурсу.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихідні дані:

Діаметр цапфи під підшипник  $d_{ц}$ , м 0,2;

лінійний тиск  $q, \frac{H}{м}$  30000;

швидкість машини на клеїльному пресі  $V, \frac{м}{с}$  8,33;

бажаний ресурс підшипників  $L'_h$ , год 168000.

Розрахунки проводимо за методикою, наведеною в літературі [17,18].

Попередньо вибраний підшипник [18] – підшипник кочення роликовий дворядний сферичний \*22340 ССК/W33, який має наступні геометричні параметри:  $d = 200$  мм,  $D = 420$  мм,  $B = 138$  мм (рисунок 4.7). Інші характеристики обраного підшипника: вантажопідйомність динамічна –  $C = 2320$  кН, вантажопідйомність статична –  $C_c = 2900$  кН; частота обертання номінальна –  $n_{ном} = 1200$  хв<sup>-1</sup>, гранична –  $n_{гр} = 1500$  хв<sup>-1</sup>.

Ресурс підшипника:

$$L_{10} = a_1 \cdot a_{23} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^k = 0,3 \cdot 0,21 \cdot \left(\frac{2320 \cdot 10^3}{64427}\right)^{\frac{10}{3}} = 9714 \text{ об.},$$

де  $P = R = 64427$  Н - радіальне навантаження на підшипник;

де  $a_1$  – коефіцієнт, коригуючий ресурс в залежності від надійності;

$a_{23}$  – коефіцієнт, коригуючий умови експлуатації підшипника;

$k = \frac{10}{3}$  - показник степеня, для роликових підшипників.

Частота обертання валу:

$$n = \frac{V}{\pi \cdot D} = \frac{8,33}{3,14 \cdot 0,8} = 3,31 \frac{1}{с},$$

де  $D$  – зовнішній діаметр валу, м.

Ресурс часовий:

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L_{10}}{3600 \cdot n} = \frac{10^6 \cdot 9714}{3600 \cdot 3,31} = 815206 \text{ год},$$

Перевіряємо чи виконується умова придатності підшипника:

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_h \geq L'_h$$

$$815206 \text{ год} > 168000 \text{ год}$$

де  $L'_h$  – рекомендоване значення розрахункового ресурсу підшипника, год. Для машин, що працюють безперервно з високими навантаженнями, в тому числі для папероробного обладнання  $L'_h = 168000$  год [14].

Умова придатності виконується.

Висновок: в результаті даного розрахунку було підібрано підшипник \*22340 ССК/W33 та визначено його часовий ресурс  $L_h = 815206$  год.

#### 4.8 Розрахунок притискного валу на критичну частоту обертання

Розрахункова схема притискного валу зображена на рисунку 4.8.



Рисунок 4.8 – Схема притискного валу

Метою розрахунку є перевірка притискного валу на допустиму частоту обертання.

Вихідні дані:

Матеріал оболонки валу ВЧ40;

модуль пружності матеріалу оболонки валу  $E$ , Па [15]  $1,6 \cdot 10^{11}$ .

Розрахунки проводимо за методикою, наведеною в літературі [16].

Критична частота обертання валу:

$$n_{kp} = \frac{300}{60 \cdot \sqrt{f}} = \frac{300}{60 \cdot \sqrt{2,01 \cdot 10^{-4}}} = 353 \frac{1}{\text{с}},$$

Відношення робочої частоти обертання валу до критичної:

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K = \frac{n}{n_{кр}} = \frac{3,31}{353} = 9,38 \cdot 10^{-3},$$

$n$ - робоча частота обертання валу,  $c^{-1}$ .

Перевіряємо чи виконується умова відсутності появи резонансу:

$$K < [K]$$

де  $[K] = 0,6$  – допустиме мінімальне відношення критичної частоти обертання валу до робочої [16].

$$9,38 \cdot 10^{-3} < 0,6$$

Умова відсутності появи резонансу виконується.

Висновок: за результатами розрахунку притискного валу допустима частота обертання та умова відсутності резонансу виконується.

#### 4.9 Розрахунок зусилля притискання та визначення діаметру діафрагми

Розрахункова схема притискання валів наведена на рисунку 4.9.

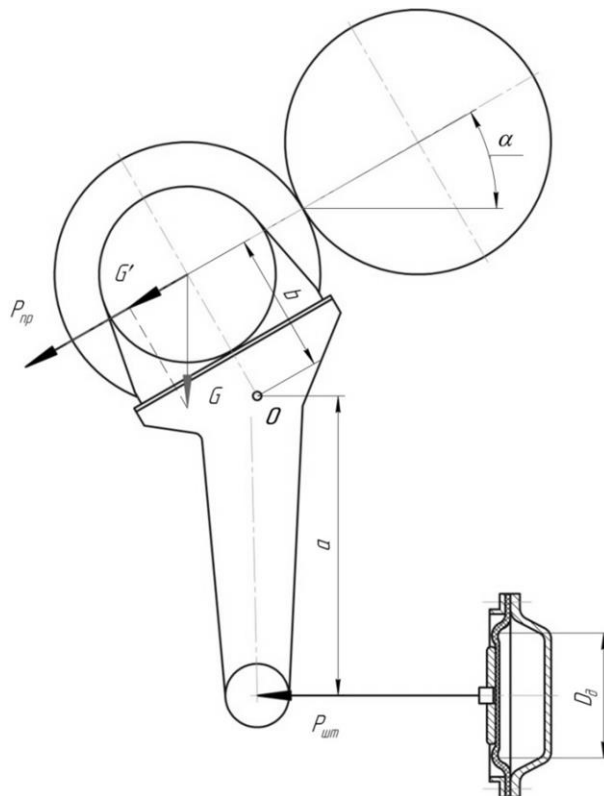


Рисунок 4.9 – Розрахункова схема притискання валів

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Метою даного розрахунку є визначення зусилля притискання та діаметра діафрагми.

Вихідні данні:

вага притискного валу $G$ , Н	58654;
кут нахилу валу до горизонтальної площини $\alpha$	$30^\circ$ ;
довжина оболонки валу $l$ , м	4,68;
лінійний тиск в захваті $q, \frac{\text{Н}}{\text{м}}$	30000;
плече важеля $a$ , м	0,9;
плече важеля $b$ , м	0,4.

Методика проведення даного розрахунку складена згідно норм викладених в [13].

Зусилля необхідне для забезпечення заданого лінійного тиску будемо визначати з рівняння моментів відносно точки обертання важеля. Рівняння моментів складене на основі розрахункової схеми (рисунк 4.9).

Визначаємо сили, що будуть створювати згинальні моменти відносно точки обертання важеля  $O$ :

$$G' = G \cdot \cos(90^\circ - \alpha) = 58654 \cdot \cos(90^\circ - 30^\circ) = 29327 \text{ Н},$$

Зусилля притискання:

$$P_{\text{пр}} = q \cdot l = 30000 \cdot 4,68 = 104400 \text{ Н},$$

Сума згинальних моментів відносно точки обертання важеля  $O$ :

$$\sum M = n_d \cdot P_{\text{шт}} \cdot a - P_{\text{пр}} \cdot b - G' \cdot b = 0$$

де  $n_d$  – кількість діафрагм.

Звідки зусилля на одному штоці, яке повинен забезпечувати механізм притискання:

$$P_{\text{шт}} = \frac{P_{\text{пр}} \cdot b + G' \cdot b}{n_d \cdot a} = \frac{104400 \cdot 0,4 + 29327 \cdot 0,4}{2 \cdot 0,9} = 29717 \text{ Н},$$

Діаметр діафрагми:

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_d = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{шт}}{\pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 29717}{3,14 \cdot 0,2 \cdot 10^6}} = 0,435 \text{ м,}$$

де  $p = 0,2 \cdot 10^6 \text{ Па}$  – тиск повітря в пневмокамері.

Отримане значення  $D_d$  округлюємо до більшого стандартного розміру.

Приймаємо  $D_d = 0,45 \text{ м}$ .

Висновок: Визначено зусилля притискання  $P_{шт} = 29717 \text{ Н}$  та діаметр діафрагми  $D_d = 0,45 \text{ м}$ .

#### 4.10 Розрахунок важеля притискного валу

Розрахункова схема важеля притискного валу наведена на рисунку 4.10.

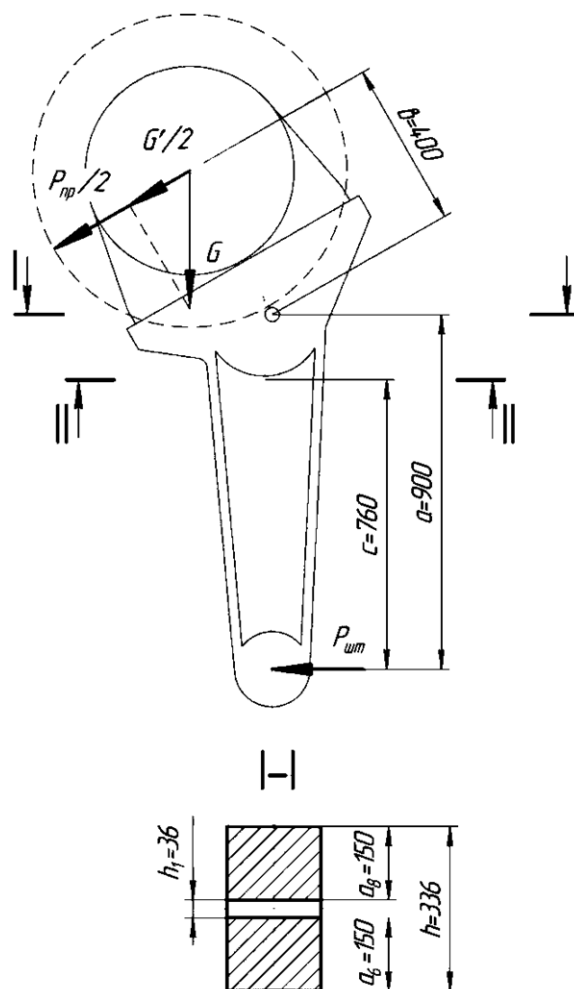


Рисунок 4.10 – Розрахункова схема важеля притискного валу

Метою даного розрахунку є перевірка важеля на міцність при згинанні.

Вихідні данні:

Плече важеля  $a$ , м 0,9;

плече важеля  $b$ , м 0,4;

матеріал важеля ВЧ20.

Методика проведення даного розрахунку складена згідно норм викладених в [13,15].

В якості матеріалу для важелів обираємо високоміцний чавун ВЧ20.

З розрахункової схеми, зображеної на рисунку 4.7, можна зробити висновок, що найбільш небезпечні перерізи –  $I-I$  та  $II-II$ .

Згинальний момент в перерізі  $I-I$ :

$$M_{I-I} = \frac{G'}{2} \cdot b + \frac{P_{шт}}{2} \cdot b = \frac{29327}{2} \cdot 0,4 + \frac{29717}{2} \cdot 0,4 = 11808,8 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

Враховуючи, що в небезпечному перерізі важіль ослаблений скрізним отвором  $\varnothing 36$  мм, отримаємо переріз з наступними розмірами:

$$h_1 = 36 \text{ мм}, h_2 = 450 \text{ мм}, b = 190 \text{ мм}.$$

При розрахунку моменту опору обраного перерізу для спрощення вважаємо що важіль в перерізі  $I-I$  суцільний та симетричний відносно горизонтальної осі, внаслідок чого  $a_6 = a_8 = 150$  мм, а  $h = 336$  мм. Таким чином, розраховані напруження будуть дещо більшими за реальні. У випадку невиконання умови міцності необхідно буде повторити обчислення без припущень.

Момент опору для перерізу  $I-I$ :

$$W_{I-I} = \frac{b_1 \cdot (h^3 - h_1^3)}{6 \cdot h} = \frac{0,19 \cdot (0,336^3 - 0,036^3)}{6 \cdot 0,336} = 35,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3,$$

Напруження при згинанні в перерізі  $I-I$ :

$$\sigma_{I-I} = \frac{M_{I-I}}{W_{I-I}} = \frac{11808,8}{35,7 \cdot 10^{-4}} = 3307787 \text{ Па}$$

Перевіряємо умову міцності при згинанні

$$\sigma_{I-I} \leq [\sigma_{-1}]$$

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$3,3 \cdot 10^6 \text{ Па} < 19,62 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

де  $[\sigma_{-1}] = 19,62 \cdot 10^6 \text{ Па}$  – допустиме напруження згинання для деталей з чавуну [15].

Отже умова міцності в перерізі *I-I* при згинанні з прийнятим припущенням виконується.

Згинальний момент в перерізі *II-II*:

$$M_{II-II} = P_{\text{шт}} \cdot c = 29717 \cdot 0,76 = 22584,92 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

Момент інерції для перерізу *II-II*:

$$J = \frac{b_2 \cdot h_4^3 - \delta \cdot h_3^3}{12} = \frac{0,19 \cdot 0,295^3 - 0,14 \cdot 0,215^3}{12} = 2,9 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4,$$

де  $b_2 = 190 \text{ мм}$ ,  $h_3 = 215 \text{ мм}$ ,  $t = 50 \text{ мм}$ ,  $\delta = 140 \text{ мм}$  – конструктивні параметри перерізу *II-II* згідно рисунку 4.11.

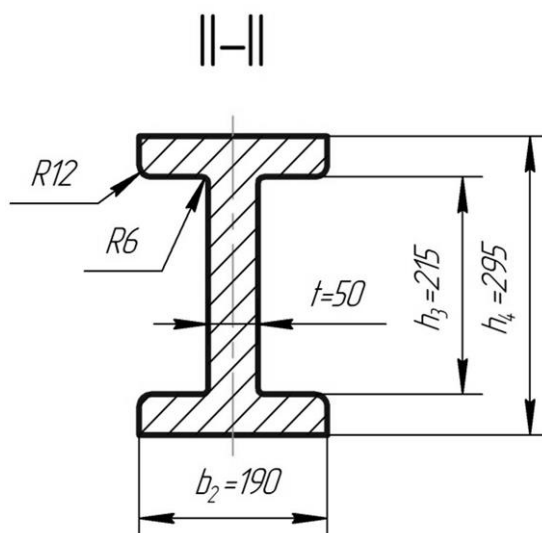


Рисунок 4.11 – Переріз *II-II*

Момент опору перерізу *II-II*:

$$W_{II-II} = \frac{J}{h/2} = \frac{2,9 \cdot 10^{-4}}{0,295/2} = 1,97 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3,$$

Напруження при згинанні в перерізі *II-II*:

$$\sigma_{II-II} = \frac{M_{II-II}}{W_{II-II}} = \frac{22584,92}{1,97 \cdot 10^{-3}} = 11464426 \text{ Па}$$

Перевіряємо умову міцності при згинанні

$$\sigma_{II-II} \leq [\sigma_{-1}]$$

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$11,46 \cdot 10^6 \text{ Па} < 19,62 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

де  $[\sigma_{-1}] = 19,62 \cdot 10^6 \text{ Па}$  - допустиме напруження згинання для деталей з чавуну [15].

Висновок: умови міцності в небезпечних перерізах виконуються, отже міцність важеля забезпечено. При розрахунку зроблено припущення, яке можна визнати таким, що не спотворює результатів розрахунку.

#### 4.11 Розрахунок тягових зусиль для приводу валів пресу

Метою даного розрахунку є визначення сумарного тягового зусилля, яке необхідне для обертання валів клеїльного пресу.

Вихідні дані:

Сумарне навантаження, що діє на вал $Q$ , Н	128854;
зовнішній діаметр валу $D$ , м	0,8;
діаметр цапфи під підшипник $d_{\text{ц}}$ , м	0,2;
необрізна ширина картонного полотна $B$ , м	4,25
лінійний тиск $q$ , $\frac{\text{Н}}{\text{м}}$	30000;
натяг картонного полотна $q_{\text{н}}$ , $\frac{\text{Н}}{\text{м}}$	200.

Розрахунок проводимо за методикою, наведеною в літературі [13,16].

Оскільки нижній і верхній вал однакові за конструктивним виконанням і працюють в умовах навантаження рівними зусиллями, тоді:

$$Q = Q_1 = Q_2 = 128854 \text{ Н},$$

$$d = d_1 = d_2 = 0,2 \text{ м},$$

$$D = D_1 = D_2 = 0,8 \text{ м}.$$

Розрахункова схема для розрахунку тертя кочення в підшипниках наведена на рисунку 4.12.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

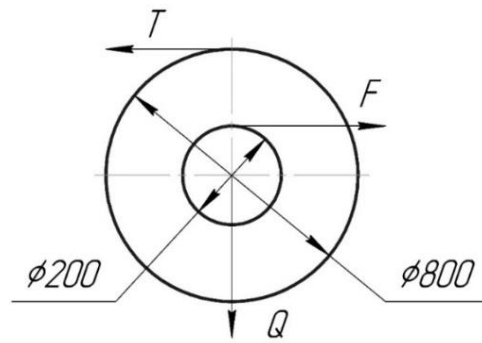


Рисунок 4.12 - Схема для розрахунку тертя кочення в підшипниках

Тягове зусилля на подолання тертя в підшипниках валу:

$$T = T_1 = T_2 = Q \cdot f \cdot \frac{d_{\text{ц}}}{D} = 128854 \cdot 0,02 \cdot \frac{0,2}{0,8} = 644 \text{ Н},$$

де  $f$  – приведений коефіцієнт тертя в підшипнику, віднесений до діаметра цапфи валу;  $f = 0,02$  – для роликових підшипників кочення з урахуванням втрат [16].

Розрахункова схема для розрахунку тертя кочення валу по валу наведена на рисунку 4.13.

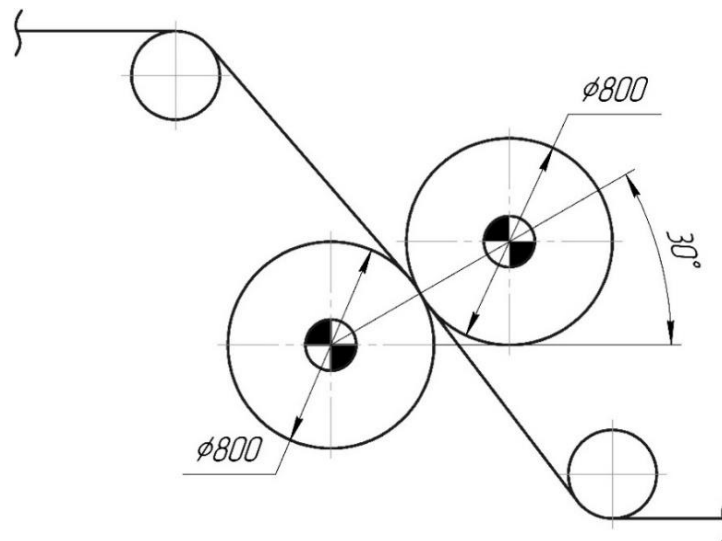


Рисунок 4.13 - Схема для розрахунку тертя кочення валу по валу.

Тягове зусилля на подолання тертя кочення між валами:

$$T_3 = 2 \cdot k \cdot Q \cdot \left( \frac{1}{D_1} + \frac{1}{D_2} \right) = 2 \cdot 0,015 \cdot 128854 \cdot \left( \frac{1}{0,8} + \frac{1}{0,8} \right) = 9664 \text{ Н},$$

де  $k=0,015$  – коефіцієнт тертя кочення, для пресових валів, якщо нижній вал гумований.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тягове зусилля на подолання тертя шаберу по валу:

$$T_4 = q \cdot B \cdot f = 30000 \cdot 4,25 \cdot 0,01 = 1275 \text{ Н},$$

Сумарне тягове зусилля:

$$\sum T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 = 644 + 644 + 9664 + 1275 = 12227 \text{ Н}.$$

Висновок: визначено сумарне тягове зусилля клеїльного преса  $\sum T = 12227 \text{ Н}$ , яке необхідне для обертання валів пресу.

#### 4.12 Розрахунок потужності приводу

Метою даного розрахунку є визначення потужності приводу.

Вихідні дані:

сумарне тягове зусилля  $\sum T$ , Н 12227;

розрахункова швидкість  $V$ ,  $\frac{\text{м}}{\text{с}}$  8,33

Методика проведення даного розрахунку складена згідно норм викладених в [13,16].

Коефіцієнт збільшення тягового зусилля при збільшенні швидкості:

$$k_v = 1 + 0,0004 \cdot (V - 200) = 1 + 0,0004 \cdot (500 - 200) = 1,12,$$

Потужність приводу клеїльного преса:

$$N_{max} = \frac{\sum T \cdot V \cdot k_v \cdot k_m}{1000} = \frac{12227 \cdot 8,33 \cdot 1,12 \cdot 1,25}{1000} = 142,6 \text{ кВт},$$

де  $k_m = 1,25$  – коефіцієнт тимчасового перевантаження.

Необхідна потужність двигуна:

$$N_n = \frac{N_{max}}{\eta} = \frac{142,6}{0,75} = 190 \text{ кВт},$$

де  $\eta = 0,75$  – коефіцієнт корисної дії електродвигуна постійного струму.

Висновок: в результаті розрахунку визначена необхідна потужність обох приводних валів клеїльного пресу, яка складає 190 кВт.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4.13 Вибір електродвигуна

Мета: підібрати двигун, щоб забезпечував задані параметри

В результаті попереднього розрахунку було визначено необхідну потужність двигуна  $N_n = 190$  кВт.

Вибираємо електродвигун АИР315М4 загальнопромисловий асинхронний трьохфазний двигун з короткозамкнутим ротором, призначений для роботи від мережі частотою змінного струму 50 Гц напругою 380/660 В.

Обраний двигун відрізняється від аналогів наступними перевагами:

- можливість короточасних механічних перевантажень;
- простота конструкції;
- простота пуску і легкість його автоматизації;
- переважно постійна швидкість при різних навантаженнях;
- підвищений ККД (до 75%) за рахунок високої точності виготовлення;
- знижений рівень шуму (до 55 дБ) за рахунок застосування високоточних підшипників;
- ступінь захисту IP54 електродвигунів забезпечує підвищену захищеність оболонки електродвигуна від води і пилу;
- знижений рівень реактивних струмів  $\cos\phi$  (до 0,86), що призводить до значного зниження ризику перенапруги в мережі;
- висока експлуатаційна надійність електродвигуна при пусках і спонтанно виникають перевантаженнях отримана шляхом значного збільшення кратності пускових моментів;
- корпус відлитий із сірого чавуну..

Характеристики двигуна наведені в таблиці 4.1.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Характеристики двигуна 1GGG206-OND40-IWV3

Потужність, кВт	Типорозмір, ГОСТ51677-80	Ном. частота обертання, хв <sup>-1</sup>	Струм ном., змінний, В	ККД, %	Маса, кг	Рівень шуму, дБА
200	200 М	1500	380/660	75	300	55

Висновок: на кожен вал клеїльного пресу вибраний електродвигун АИР315М4 потужністю  $N_n = 200$  кВт.

#### 4.14 Розрахунок шаберу клеїльного валу

Мета розрахунку – розрахувати механізм притискання шаберу, а саме, визначити необхідний тиск повітря в пневмокамері при даному діаметрі діафрагми, щоб забезпечити необхідний лінійний тиск шаберу на вал.

Вихідні дані до розрахунку:

Лінійний тиск шаберу на вал  $q_{ш}$ , кН/м 0,25[ ];

Діаметр діафрагми  $d_d$ , м 0,1;

Довжина плеча  $c$ , м 0,14;

Довжина плеча  $d$ , м 0,22;

Довжина валу пресу  $b$ , м 6,75.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.14.

Розрахунок проводимо за методикою, наведеною в літературі [12].

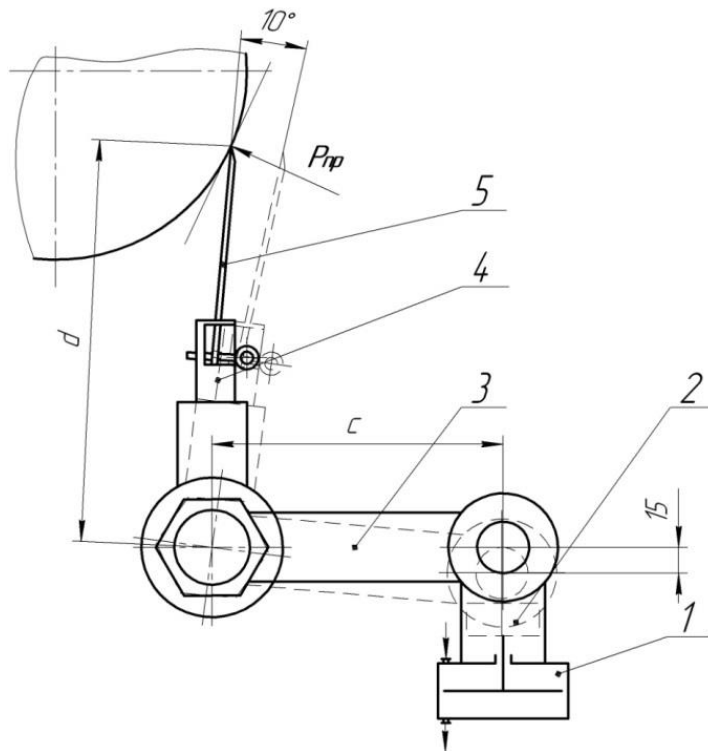
Розраховуємо кратність збільшення сили механізму притискання:

$$m = \frac{d}{c} = \frac{0,22}{0,14} = 1,57$$

Розраховуємо необхідне зусилля притискання:

$$G_{ш} = q_{ш} \cdot b = 250 \cdot 6,75 = 1688 \text{ Н.}$$

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисункок 414. – Схема шаберу

Розраховуємо площу діафрагми:

$$S_d = \frac{\pi \cdot d_d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} = 7,85 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Розраховуємо зусилля, що діє на важіль зі штоку:

$$Q_{ш} = \frac{G_{ш} \cdot c}{q_{ш}} = \frac{1688 \cdot 0,14}{0,25} = 945 \text{ Н.}$$

Розраховуємо тиск повітря в пневмокамері:

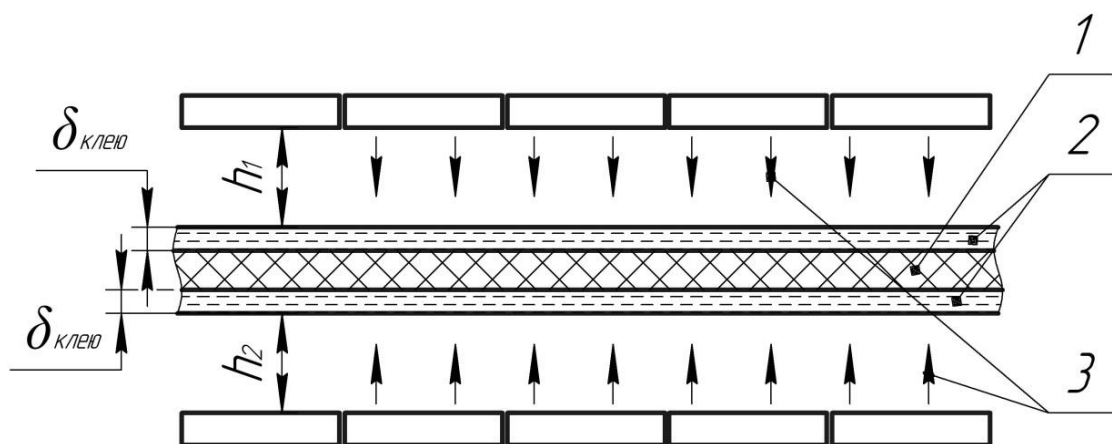
$$P_{п} = \frac{Q_{ш}}{S_d} = \frac{945}{7,85 \cdot 10^{-3}} = 0,120 \text{ мПа}$$

Висновок: в результаті проведеного розрахунку шаберу було виявлено, що для забезпечення лінійного тиску 0,25 кН/м необхідно в пневмокамері створити тиск  $P_{п} = 0,120 \text{ мПа}$ .

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

#### 4.15 Розрахунок блоку з інфрачервоними випромінювачами

Розрахункова схема ІЧВ наведена на рисунку 4.15.



1 – картонне полотно, 2 – плівка клею, 3 – ІЧВ

Рисунок 4.15 – розрахункова схема ІЧВ

Мета: розрахувати вологовміст після ІЧВ.

Вихідні дані:

швидкість машини на клеїльному пресі V, м/с (м/хв)	8,33 (500);
Довжина ІЧВ $L_{ІЧВ}$ , м	1,5
Ширина ІЧВ $b_{ІЧВ}$ , м	4,34
Температура ІЧВ $T_{ІЧВ}$ , К	1173
Температура клею $T_{клею}$ , К	333
Відстань між картонним полотном та ІЧВ $h_1; h_2$ , мм	80

Розрахунки проводимо за методикою, наведеною в літературі [...].

$$\delta_{клею} = \frac{g_{п}}{\rho_{п}} = \frac{0,05425}{1085} = 0,00005\text{м};$$

Розрахунок для однієї сторони (1-єї плівки):

Питомий тепловий потік від ІЧВ:

$$q_{ІЧВ} = \varepsilon \sigma \left( \left( \frac{T_{ІЧВ}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{клею}}{100} \right)^4 \right) = 0,8 \cdot 5,76 \cdot \left( \left( \frac{1173}{100} \right)^4 - \left( \frac{333}{100} \right)^4 \right) =$$

$$= 86671 \text{ Вт/м}^2;$$



де  $\varepsilon = 0,8$  –

$\sigma = 5,76 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  – коефіцієнт теплопровідності

Площа ІЧВ з одного боку:

$$F_{\text{ІЧВ}} = L_{\text{ІЧВ}} \cdot b_{\text{ІЧВ}} = 1,5 \cdot 4,34 = 6,51 \text{ м}^2;$$

Тепловий потік від ІЧВ:

$$Q_{\text{ІЧВ}} = q_{\text{ІЧВ}} \cdot F_{\text{ІЧВ}} = 86671 \cdot 6,51 = 564228 \text{ Вт};$$

Питома теплота поглинута клеєм:

$$q_v = q_0 \cdot k \cdot e^{-k \cdot \delta_{\text{клею}}} = 86671 \cdot 30000 \cdot e^{-30000 \cdot 0,00005} = 579617789 \text{ Вт/м}^2$$

де  $q_0 = q_{\text{ІЧВ}}$ ;

$$k \approx 30000$$

Час перебування клейової плівки під випромінювачами:

$$L_{\text{ІЧВ}} = V \cdot \tau;$$

$$\tau = \frac{L_{\text{ІЧВ}}}{V} = \frac{1,5}{8,33} = 0,18 \text{ с};$$

Об'ємна витрата, що проходить під ІЧ випромінювачами з однієї сторони картону:

$$G_v = V \cdot B \cdot \delta = 8,33 \cdot 4,25 \cdot 0,00005 = 0,00177 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Кількість поглинутої теплоти клеєм за 1 с.

$$Q'_{\text{клею}} = q_v \cdot G_v = 579617789 \cdot 0,00177 = 1025923 \text{ Вт};$$

Оскільки цей процес відбувається за 1 с, тобто  $\tau = 1 \text{ с}$ :

$$Q''_{\text{клею}} = Q'_{\text{вклею}} \cdot \tau = 1025923 \cdot 1 = 1025923 \text{ Дж};$$

Кількість видаленої вологи з клею за 1 с:

$$G_{\text{вол}} = \frac{Q''_{\text{клею}}}{r} = \frac{1025923}{2357,6 \cdot 10^3} = 0,435 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

де  $r = 2357,6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$  – питома теплота випаровування при  $60^\circ\text{C}$ ;

Загальна кількість видаленої вологи за 1 с:

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_{\Sigma \text{вол}} = 2 \cdot 0,435 = 0,87 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

Загальна маса вологи, що пройшла через ІЧВ за 1 с:

$$m_{\text{вол}} = U \cdot G_{\text{аск}} \cdot \tau = 0,56 \cdot 6,65 \cdot 1 = 3,724 \text{ кг};$$

$$m_{\text{аск}} = G_{\text{аск}} \cdot \tau = 6,65 \cdot 1 = 6,65 \text{ кг};$$

Кількість вологи, що залишилась в картоні після проходження картонного полотна під ІЧВ:

$$\Delta m_{\text{вол}} = m_{\text{вол}} - G_{\Sigma \text{вол}} = 3,724 - 0,87 = 2,854 \text{ кг};$$

Вологовміст після проходження ІЧВ:

$$U = \frac{\Delta m_{\text{вол}}}{m_{\text{аск}}} = \frac{2,854}{6,65} = 0,42 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}.$$

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Охорона життя та здоров'я громадян в процесі їх трудової діяльності є однією з найважливіших задач держави. Основоположним законодавчим документом в цій галузі є Закон України "Про охорону праці".

Охорона праці повинна виявляти і вивчати можливі причини виробничих нещасні випадки, професійні захворювання, аварії, тощо. За результатами вивчення розробляється система заходів і потреб з ціллю усунення цих причин та створення безпечних для людини умов праці [19]. Тема магістерської дисертації «Удосконалення картоноробної машини ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат». Модернізація клеїльного пресу картоноробної машини (Комплексна)».

Забезпечення безпеки праці повинно бути закладене на перших стадіях проектування виробничих споруд, технологічного процесу виробництва, створення нового та модернізації старого обладнання.

Дане обладнання обслуговує оператор, який виконує свої обов'язки в окремому приміщенні площею  $S=12 \text{ м}^2$ ,  $V=48 \text{ м}^3$ .

На робочому місці оператора клеїльного пресу було виявлено, що шкідливими та небезпечними факторами є:

- небезпека ураження електричним струмом;
- пожежна небезпека;
- небезпека від рухомих частин;
- виробничий шум;
- виробнича вібрація;
- виробниче освітлення;
- повітря робочої зони.

Проведемо аналіз вище перерахованих шкідливих та небезпечних факторів.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.1 Небезпека ураження електричним струмом

За класифікацією приміщень по ступеню небезпеки ураження електричним струмом, приміщення, де встановлена картоноробна машина відноситься до класу приміщень з підвищеною небезпекою. За характером навколишнього середовища, приміщення характеризується як вологе (відносна вологість повітря в приміщенні близько 75%).

Для роботи КРМ та клеїльного пресу використовується напруга 220/380 В та  $f = 50 \text{ Гц}$ , що вимагає використовувати трьохфазну мережу з ізольованою нейтраллю. Ця мережа дозволяє використовувати дві робочі напруги – лінійну й фазову.

Причинами електротравм можуть бути:

- оголені дроти та контакти в доступних місцях;
- пошкодження ізоляції на струмоведучих дротах та приладах, що знаходяться під напругою;
- пробої на корпус;
- неузгоджене включення при ремонтних роботах.

Засоби забезпечення електробезпеки діляться на дві категорії [19]:

а) захист в робочому режимі:

- забезпечення недосяжності струмоведучих частин (ізоляція, розташування на недосяжній висоті (більш 2,5 м), огорожа);
- подвійна ізоляція;
- позначення на електричних частинах (фарбування, надписи, позначення);
- огорожі, перила, інструмент з ізоляцією.

б) захист в аварійному режимі:

- захисне заземлення.

Для підвищення електробезпеки передбачені наступні заходи:

а) коробки електродвигунів виконані пило-водонепроникними;

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

б) електрообладнання, яке розташоване в окремих шафах винесене в приміщення які не відносяться до пожежонебезпечних;

в) прокладка дротів та кабелів безпосередньо по станинам обладнання проведена в сталевих трубах;

г) клемні коробки виконані в пило-водонепроникному виконанні.

Загальний опір заземлення системи 3,6 Ом, що відповідає ГОСТ 12.1.030-86

Передаточні механізми (шестерні, з'єднувальні муфти, колеса, вал карданний і т. д.) або скомпоновані всередині станин, або мають огороження.

Засобом захисту від статичної електрики є заземлення. Заземлення електроустаткування, а точніше - заземлення відкритих провідних частин (ОПЧ), є однією з численних заходів, які можуть бути використані для захисту від ураження електричним струмом. Заземлення ОПЧ передбачає створення еквіпотенційного середовища, що знижує ймовірність появи напруги на тілі людини.

Схема заземлення наведена на рисунку 5.1.

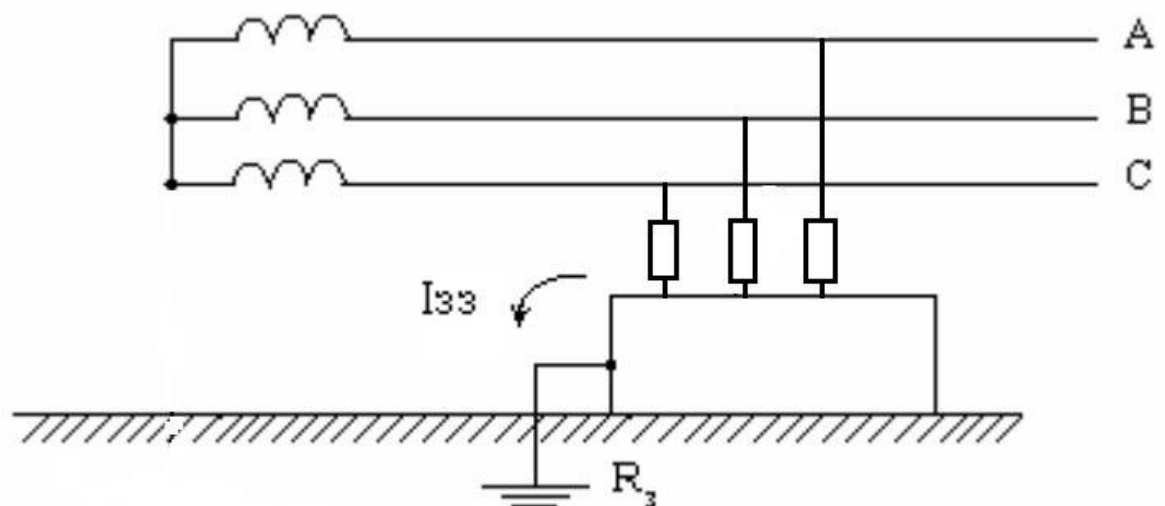


Рисунок 5.1 – Схема заземлення

Забезпечення електробезпеки є дуже важливим чинником, при проектуванні клеїльного пресу, тому що дозволяє зменшити ймовірність

смертельного випадку чи травматизму серед обслуговуючого персоналу у виробничих умовах.

## 5.2 Небезпека від рухомих частин

Клеїльний прес має незначну кількість валів що обертаються, тому найбільшою небезпекою для обслуговуючого персоналу при роботі на обладнанні становить захват людини валом, що обертається, потрапляння в захват між валам при обриві та заправці картонного полотна, а також небезпечна карданна передача приводу.

Для запобігання травматизму частини що обертаються обладнуються захисними кожухами й захисними огорожами. Для запобігання ручної заправки встановлюються заправ очні транспортери. Захвати валів, зі сторони заправки, мають спеціальні огорожі.

При виробництві картону клеїльний прес картоноробної машини складаються з рухомих частин, які працюють під тиском та обертаються при дуже великих швидкостях.

Загальні вимоги безпеки виробничого устаткування розробляються відповідно до ГОСТ 12.2.003-91 з урахуванням призначення, використання та умов його експлуатації.

Невиконання правил із техніки безпеки при роботі на установці може призвести до трав чи навіть смерті. Тому існують такі правила безпеки:

1. Вздовж всієї лінії повинна стояти огорожа:
  - при ремонтних робіт, ,будь якої частини лінії, працівник повинен повісити таблицю: «Обережно! Працюють люди»;
  - не підходити до рухомих частин машини ближче ніж на 1м.
2. Для використання допускається лише обладнання, яке пройшло гідравлічне випробування згідно з нормативною документацією, погодженою з Держпромгірнаглядом.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Обладнання, яке працює під тиском повинен бути оснащеним:
- запірною і запірною – регулювальною арматурою;
  - приладами для вимірювання тиску, температури, рівня рідини; запобіжними приладами.

### 5.3 Виробничий шум

Клеїльний прес так само як і КРМ працює в безперервному режимі із-за чого шум, який утворюється під час роботи є постійним.

Основними джерелами шуму при роботі клеїльного пресу є вали що обертаються, електродвигуни та інше устаткування. У даному випадку за своєю природою шум механічний і гідро-аеродинамічний.

Рівень звукових тисків у октавних смугах на даному виробництві становить 98 – 100 дБА.

Для зниження шуму від картоноробної машини пульт керування оператора захищений екраном, який встановлений між машиною й робочим місцем. Екран виконаний зі скла силікатного товщиною 5 мм.

Рівень шуму зменшують шляхом шумопоглинання. Для цього використовується облицювання з перфорованим покриттям та гіпсові плити. Для досягнення максимального ефекту від використання шумопоглинаючого, ним вкривають ним не менше ніж 60% внутрішньої площі.

Якщо рівень шуму на робочому місці перевищує допустимі значення, то необхідно застосувати індивідуальні засоби захисту (шумоізоляційні навушники) [19].

Для зменшення шуму від елементів клеїльного пресу що обертаються потрібно:

- слідкувати за рівнем мастила в підшипникових вузлах.
- виконати балансування валів;
- монтажні роботи виконувати з великою точністю.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для зниження виробничого шуму передбачені наступні заходи:

а) патрубки компресорів та вентиляторів високого тиску знаходяться в герметизованому залізобетонному каналі;

б) найбільш інтенсивні джерела шуму: компресорів та вентиляторів високого тиску встановлені в ізольованому приміщенні на нульовій відмітці під машинним залом;

в) стіни й перекриття приміщення забезпечені звукоізолюючим облицюванням із коефіцієнтом звукопоглинання 0,7 та мають звукоізолюючу здатність 50 дБА ;

г) звукоізолююча здатність дверного прорізу приміщення 30 дБа;

д) при необхідності проведення ремонту, під час праці обладнання, ремонтному персоналу рекомендується користуватися шумоізоляційним навушниками або бірушами.

Фактичні рівні шуму на робочому місці оператора 65 дБА, що відповідає ДСН 3.3.6.037-99

## 5.4 Виробнича вібрація

Виробнича вібрація має енергетичну природу, причина – дія невідновлених сил двигунів, валів, технологічного обладнання, інструменту й пристроїв.

Дія вібрації на організм людини викликає порушення нормальної роботи, призводить до різних захворювань (ураження центральної нервової

системи, спазм кровоносних судин, окостеніння м'язів, відкладання солей у суглобах).

Захист дії від вібрації повинен проводитися на всіх етапах підготовки та уведенні машин, механізмів, виробничих процесів при проектуванні, виготовленні та експлуатації. Існують колективні та індивідуальні методи захисту від дії вібрації (амортизатори, пружини, еластичні підкладки, які кладуться під

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



обладнання, буфери, кожухи та ін.).

Фактичні рівні вібрації на робочому місці оператора 65 дБА, що відповідає ДСН 3.3.6.039-99

### 5.5 Виробниче освітлення

При атестації робочих місць за параметрами освітленості використовується державний стандарт "ГОСТ 24940-96. Будинки і споруди. Методи вимірювання освітленості". Норма освітленості для загального освітлення  $E = 200$  лк, для місцевого – 300 лк. У зв'язку з тим, що клеїльний прес має велику кількість деталей, що обертаються та рухаються з великою швидкістю, помостів, драбин, трубопроводів та кабелів то при недостатньому освітленні робочого місця виникає велика вірогідність травмування працівників.

Для освітлення використовуємо світлодіодні лампи:

- тип лампи Enerlight A60;
- потужність 12 Вт;
- кількість 5 шт;
- світловий потік: 1080 Лм.
- термін експлуатації: 30000 годин

Лампи створюють світло, приблизне за яскравістю до природного. Для даного цеху також передбачено бокове освітлення ( через світові отвори в стінах).

Загальна освітленість складає  $E_{\phi} = 250$  лк та відповідає вимогам ДБН2,5.28-2006.

### 5.6 Повітря робочої зони

Робота операторів на картоноробній машині, до складу якої входить клеїльний прес для проклеювання картонного полотна, відноситься до важкої фізичної роботи, через те, що установка розташована в умовах шуму, пилу, робота

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проводиться в 2 зміни, цілодобово, у будь-який час року. Енерговитрати за таких умов праці складають більш 173 Дж/с. У зв'язку з цим передбачено можливість відпочинку персоналу в закритому приміщенні.

Параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні для даної категорії робіт наведено у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 - Параметри мікроклімату в робочій зоні.

Сезон року	Категорія робіт – 1б					
	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
	Оптим	Фактич	Оптим	Фактич	Оптим	Фактич
Холодний	19–25	19–20	Не більше 75	40–65	Не більше 0,2	0,2
Теплий	19–25	20– 25	Не більше 75	40–70	Не більше 0,2	0,2

Забезпечення параметрів здійснюється в зимовий час за допомогою водяного опалення з температурою теплоносія 70–90 °С, а в теплий час року – приточно - витяжною вентиляцією ДСН 3.3.6.042–99.

#### Промислова вентиляція

При проектуванні штучної (механічної) загальнообмінної вентиляції, яка призначена для вилучення з приміщення надлишків тепла, вологи та інших шкідливих виділень необхідно приймати розрахункові параметри згідно з СНиП2.04.05-86.

Для місцевої вентиляції обрано вентилятор МЦ-5:продуктивність  $L_{\min}=600\text{м}^3/\text{год}$ ), кількість обертів  $n=1410$  об/хв.

Розрахунок механічної вентиляції включає визначення найбільш раціонального способу вилучення або попередження утворення токсичних, пожежо - чи вибухонебезпечних концентрацій пароповітряних сумішей

(загальнообмінні або місцеві вентиляційні установки і системи); визначення необхідної кількості повітря для обмінної вентиляції, виходячи із відомої кратності повітрообміну в приміщенні, кількості шкідливих речовин, які вилучаються з приміщення, або надлишкового тепла. Фактичні концентрації відповідають ГОСТ 12.1.005-98.

#### **4.7 Пожежна безпека (Надзвичайні ситуації)**

Матеріалами на ділянці, який може спричинити пожежу є картон та випаровування мастила з поверхонь підшипників (категорія В ОНТП-24-86 клас П – П а (ПУЕ)).

Можливими причинами пожежі можуть бути:

- порушення технологічного режиму;
- куріння в невстановлених місцях;
- несправність електрообладнання й електромережі;
- розряди статичної електрики.

У приміщенні встановлені пожежні гідранти, теплові оповіщувачі, які спрацьовують при підвищенні температури до критичного значення.

В установках пожежогасіння принцип дії закачаних порошкових вогнегасників суміщений з принципом дії теплового замка, що дозволяє використовувати «САМ – 9» для протипожежного захисту об'єктів без участі людини для тушіння пожеж класу А (горіння твердих речовин) класу В (горіння рідких речовин), класу С (горіння газоподібних речовин) згідно ГОСТ 27331-87, а також електроустановок, кабельних тунелів під напругою до 1000 В. Установки можуть застосовуватись в якості автономного засобу пожежогасіння для захисту найбільших по об'єму об'єктів (гаражних боксів, контейнерів, дизельних відсіків, складів і т.д.)

Для захисту органів дихання і зору від впливу високотоксичного газового середовища при виконанні рятувальних і технічних робіт на об'єктах хімічних,

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

нафтогазових, комунальних і інших підприємств використовується повітряний апарат індивідуального захисту типу МПА-2х20. З технічними характеристиками:

- місткість балона 2л;
- тиск у балоні 20 МПа;
- габаритні розміри 450х220х170;
- номінальний ЧЗД 12 хв;
- маса апарату 5,6 кг.

Може бути застосований при виконанні різних нетривалих робіт при огляді запірного устаткування, ліквідації витоків газу і шкідливих речовин. Має полегшену підвіску, що дозволяє застосовувати його як у положенні на спині, так і в положенні на поясі (тільки для апаратів з балоном місткістю 2 л). Наявність візуального і звукового контролю залишку повітря в балоні, а також надлишковий тиск під маскою підвищують безпеку використання апарата в аварійних умовах.

Для підвищення організації евакуації при пожежі, в спеціально відведених місцях, розміщено схеми евакуовиходів (рисунок 4.2).

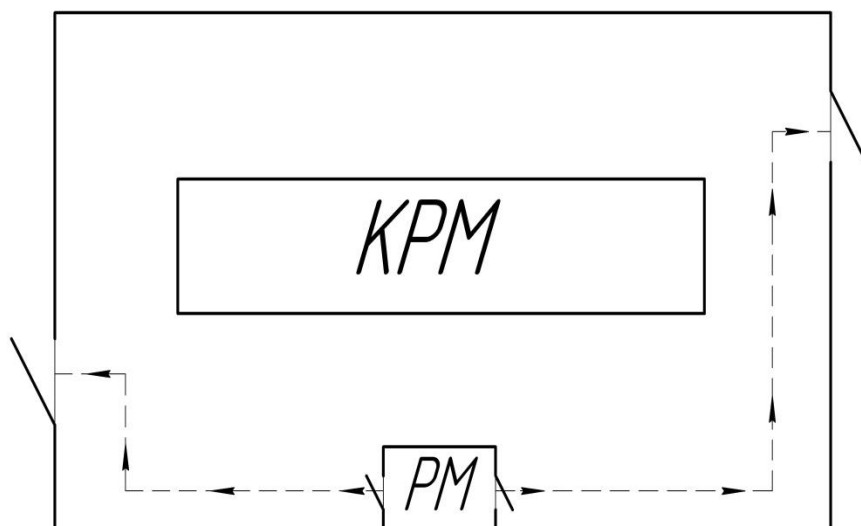


Рисунок 4.2 – План евакуації

Протипожежна безпека клеїльного пресу КРМ відповідає вимогам СНиП 2.01.02-85.

Крім перерахованих заходів безпеки, обслуговуючий персонал перед роботою проходить інструктаж з техніки безпеки й правил технічної експлуатації. Також ведеться контроль за виконанням цих правил.

Розрахунок небезпечної ситуації:

Найменування НХР – сірчастий ангідрид;

Маса НХР  $G, \text{т} - 100$ ;

Не обвалуваний;

Відстань до місця аварії  $R, \text{км} - 0.7$ ;

Характеристика місцевості – відкрита;

Ступінь вертикальної стійкості повітря – конвекція;

Швидкість вітру  $V, \text{м/с} - 1$ ;

Забезпеченість протигазами, % – 100;

Визначення розмірів і площі ЗХЗ:

$\Gamma_{\text{табл}} = 0,77$ ;

$K_{\text{обв}} = 1$  – коефіцієнт обваловування;

$K_{\text{місц}} = 1$  – коефіцієнт місцевості;

$K_v = 1$  – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру;

Глибина:

$$\Gamma = \Gamma_{\text{табл}} \cdot \frac{K_v}{K_{\text{обв}} \cdot K_{\text{місц}}} = 0,77 \text{ м};$$

Ширина  $\Pi = 0,6$ ;

Площа:

$$S = 0,5 \cdot \Gamma \cdot \Pi = 0,5 \cdot 0,77 \cdot 0,6 = 0,231 \text{ м}^2;$$

Час підходу хмари зараженого повітря до цеху:

швидкість переміщення хмари  $W = 7 \text{ км/год}$ ;

час підходу хмари:

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{\text{підх}} = \frac{R}{W} = \frac{0,7}{7} = 0,1$$

Тривалість зараження цеху:

$t_{\text{ур.табл}} = 1,3$  , с – час ураження;

$K_{\text{ш}}=1$  – коефіцієнт поправочний;

Час дії ураження:

$$t_{\text{ур}} = 1,3 \cdot 1 = 1,3 \text{ с};$$

Можливі утрати серед робітників цеху:

Утрати в будівлях  $Y_{\text{буд}}=4$ ;

Утрати поза будівлями (на відкритій місцевості)  $Y_{\text{міст}}=10$

Висновки:

Цех потрапляє у ЗХЗ. Час руху людей із ЗХЗ:

$$t_{\text{рух}} = \frac{600}{80} = 7,5 \text{ хв};$$

Доцільний спосіб захисту робітників цеху – в сховищі. Люди не встигнуть евакуюватись.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## **6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації пресу клеїльного**

### **6.1 Заходи безпеки**

Перед монтажем бригадири повинні ознайомити всіх працівників з технікою безпеки в відповідності з СНиПа III-A.II-70.

Розкладку обладнання в монтажну зону, проводять в технологічній послідовності зборки пресу на проектному місці. Обладнання не повинне створювати стиснених умов в зоні монтажу і на робочих місцях монтажників.

До стропцювання допускають працівників, які пройшли спеціальне навчання і мають посвідчення на право виробничих робіт з монтажу. Строповку проводять відповідно до схем на кресленнях.

Не допускають до монтажу працівників, які не пройшли підготовку та інструктаж по техніці безпеки.

Забороняється використовувати слюсарно-складальний інструмент та пристосування, які не відповідають техніці безпеки.

Пуск пресу повинен відбуватись тільки після попереднього огляду матеріальної частини, з допоміжними швидкостями, з попередньою подачею звукового сигналу.

Сходишки, містки та поручні повинні бути надійно закріплені.

Виробниче приміщення повинно бути забезпечене первинними засобами пожежогасіння. В якості основного засобу пожежогасіння застосовують воду. Крім пожежних засобів повинні бути встановленні вогнегасники, ящики з піском і лопатами, а також щитки з пожежним інвентарем.

### **6.2 Підготовка до монтажу**

Дозвіл на передачу обладнання на монтажну площадку видається представниками заводу-виробника (шеф-персоналом).

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Передача обладнання в монтаж відбувається після заявки монтажної організації замовника при обов'язковій присутності шеф-персоналу в відповідності з прийнятою послідовністю затвердженого графіку виробничих робіт.

Передача обладнання в монтаж відбувається на об'єктному складі (місце складу обладнання на об'єкті), передбаченому затвердженим проектом виробничих робіт.

Прийом обладнання в монтаж відбувається після загального огляду, без розборки на вузли та деталі.

При цьому перевіряють:

- наявність товару супровідної документації;
- комплектність обладнання за заводськими специфікаціями;
- відповідність обладнання кресленням;
- відсутність пошкоджень або поломок, тріщини, раковин і інших видимих дефектів обладнання;
- наявності технічної документації заводу-виробника, необхідної для виконання монтажних робіт.

Прийняття і здача обладнання в монтаж оформляється приймально-здавальним актом.

Прийняте на монтаж обладнання піддається очищенню та промиванню від залишків його змащення.

Монтаж клеїльного пресу відбувається після монтажу базового валу сушильної частини і прийняття його по акту [8].

### 6.3 Монтаж

Рекомендований порядок монтажу вузлів клеїльного преса: станини, стонітовий вал, картоноведучий валик, ролики канатикової заправки, містки та імпульсна розводка.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Монтаж вузлів виконують в такій послідовності:

1. Установити станини на проектне місце і попередньо вивірити розмір по ширині між осями станин 5,7 м і розмір 1,523 м від основи станини до осі нижнього сушильного циліндру.

2. Установити стонітовий вал і вивірити його відносно осі нижнього сушильного циліндра, переміщуючи, за необхідністю, станини.

3. Намітити центри різьбових отворів на шинах для закріплення станини.

Отвори під різьбу свердлити при встановлених станинах або ж без них в залежності від наявності обладнання на монтажній площадці.

Після повної підготовки отворів вивірити стонітовий вал і закріпити станини і вал.

4. Виконують зборку spriskів і механізму притискання пресу.

Встановлюють spriskові труби паралельно клеїльним валам.

Механізм притискання вивіряють по півмуфті валу так, щоб пневмоколесо було розташоване симетрично по відношенню до півмуфти і притиснене до неї всією робочою поверхнею..

5. Установити папероведучий валик і, переміщуючи опори, вивірити його паралельність відносно привідного папероведучого валу та потім закріпити.

В якості інструменту для перевірки при монтажі пресу клеїльного використовують металеву рулетку з міліметровим поділом, лінійки металеві, мікрометричний штихмас, слюсарний рівень 2-го класу точності.

Фактичні монтажно-встановлювальні розміри, отримані при встановленні пресу клеїльного на проектному місті, заносять до формуляра [19].

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6.4 Наладка і монтажні випробування

Перед пуском клеїльного пресу перевіряють правильність монтажу всіх вузлів відповідно до креслень загального вигляду. Очищають вали від консервативного змащення і промивають водою.

Пуск і прокрутка клеїльного пресу відбувається під безпосереднім контролем шеф-персоналу.

До наладки і монтажних випробувань приступають після підключення системи управління до системи живлення. Підведене живлення повинне відповідати проектним параметрам і вимогам інструкції комплектуючого обладнання та приладів.

Узгодити пуск клеїльного преса з роботою централізованого змащення, так як підшипники на валах змащуються рідким мастилом.

Витрата масла на підшипник 0,2-0,4 л/хв. Подати масло на підшипник. Перелив мастила через лабіринтове ущільнення не допускається.

Механізм притискання клеїльного пресу налагодити разом з системою управління. Пневматична система управління повинна забезпечити підйом і прижим валів з потрібним лінійним тиском, плавний відвід і підвід притискного валу з потрібною швидкістю.

Тиск зжатого повітря в мембранному механізмі встановлюється по графіку, закріпленому на передній панелі пульта клеїльного преса.

Двигуни та редуктори приводу клеїльного пресу повинні бути зарання перевірені та обкатані.

З'єднати півмуфти і встановити огороження.

Включити прес на допоміжній швидкості при неприжатих валах, перевірити роботу всіх підшипників.

Контролювати навантаження на двигуни.

При обкатці преса уважно прослухати роботу підшипникових вузлів, контролювати навантаження на кожному валу, витрати мастила, не

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допускається перелив мастила через лабіринти, перевірити кріпильні з'єднання, контролювати колову швидкість.

По закінченню програми прокрутки преса з неприжатыми валами прес зупиняють.

Притиснути вали з навантаженням 40-50% від робочого тиску і включити прес на допоміжній швидкості з обов'язковою подачею невеликої кількості свіжої води через клеїльні сприски.

При цьому уважно прослухати роботу підшипникових вузлів, контролювати навантаження на кожному валу, витрати мастила, не допускається перелив мастила через лабіринти, перевірити кріпильні з'єднання.

По закінченню програми прокрутки взяти відбитки з валів (пляма контакту) на правильність прилягання валів при робочому тискові.

## **6.5 Здача в експлуатацію змонтованого обладнання**

Після закінчення монтажних випробувань, остаточних перевірок вузлів, виробляються пуско-налагоджувальні випробовування направлені на досягнення виробітки продукту потрібної якості. При цьому прийняти всі необхідні міри для правильної та безаварійної роботи, правильного функціонування всього обладнання.

Пуско-налагоджувальні роботи проводять в відповідності з програмою випробовування, утвердженій в установленому порядку.

Після закінчення пуско-наладки і закінчення випробовування, виріб представляється до здачі в експлуатацію.

Здача-прийом оформляється актом.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6.6 Вимоги для правильної та безаварійної експлуатації преса

Для правильної та безаварійної експлуатації преса в періоди його роботи або зупину необхідно дотримуватися наступних вимог [8]:

- 1) навантаження на приводах повинні бути розподілені рівномірно; робота преса при наявності розходження колових швидкостей не допускається;
- 2) при роботі преса лінійний тиск між валами не повинен перевищувати 30 кН/м; не допускати притискання нерухомих валів більше 5 хв;
- 3) при заправленні полотна картону необхідно за допомогою пневмоциліндра прибрати із зони захвату торцевий щиток та воронку;
- 4) один раз на три місяці заповнювати підшипники картоноведучого валика свіжим мастилом.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7 Рівень стандартизації та уніфікації

При конструюванні будь-якого устаткування доцільно максимально використовувати стандартні, нормалізовані й уніфіковані конструктивні елементи, деталі і вузли.

Уніфікація – це раціональне скорочення числа типів, видів, розмірів вузлів і їхніх елементів.

З урахуванням класифікації процесів, ряд машин і апаратів уніфіковані, тобто в конструкції передбачена можливість використання їх у різних виробництвах для проведення того самого процесу у визначеному діапазоні параметрів.

Стандартизація устаткування – це зведення численних видів виробів однакового функціонального призначення до обмеженого числа обов'язкових стандартних зразків.

Наявність достатньо високого рівня стандартизації й уніфікації вузлів і деталей апарата значно знижує вартість його виготовлення, зменшує витрати на ремонт, експлуатацію і перехід при необхідності на нові режими роботи.

Загальна кількість деталей і складальних одиниць:

- згідно специфікацій  $N = 342$ :

- з них стандартних  $n_s = 52$ ,

- уніфікованих  $n_y = 68$ .

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_s = \frac{n_s}{N} = \frac{52}{342} = 0,15 \text{ або } 15\%$$

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{n_s + n_y}{N} = \frac{52 + 68}{342} = 0,35 \text{ або } 35\%.$$

Висновок: Оскільки коефіцієнт уніфікації  $K$  менше ніж 70% розроблений прес клеїльний не можна виготовляти на всіх підприємствах серійно. Даний виріб виконується індивідуально.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8 Економічна частина проекту

### 8.1 Обґрунтування необхідності модернізації устаткування

Клеїльний прес похилого типу встановлений між VI і VII сушильними групами картоноробної машини (КРМ). Кут нахилу площини, що проходить через осі валів, до горизонтальної площини становить 30°. Картон підводиться до валів зверху при сухості 85-92%.

Клеїльний прес використовують для поверхневого проклеювання картону з метою підвищення його якісних характеристик.

Окрім головного призначення, клеїльний прес використовують для проклеювання, фарбування, пластифікації, пігментації, легкого крейдування та нанесення різних шарів, які надають картону або паперу спеціальні властивості (вологостійкості, водо- та жиронепроникності, вогнестійкості).  
[10]

Тому в сучасних умовах перед сучасною целюлозно-паперовою промисловістю України ставиться завдання не тільки збільшення обсягів виробництва готової продукції, а й підвищення рівня її новизни, якості та конкурентоздатності шляхом вдосконалення існуючих конструкцій КРМ.

У розробленій конструкції клеїльного пресу модернізовано конструкцію шляхом встановлення інфрачервоних випромінювачів після клеїльного пресу для підвищення сухості проклеєного картонного полотна, щоб зменшити налипання на сушильний циліндр.

Проходження проклеєного полотна між такими ковпаками дозволить зменшити до мінімуму вологу в шарі клею та призведе до часткової його кристалізації. Це, в свою чергу, зменшить або повністю усуне налипання частинок клею на подальших сушильних циліндрах. Тому на них краще буде відбуватись процес сушіння та збільшиться термін їх працездатності.

Показники, що характеризують базову конструкцію та очікувані показники модернізованої машини зведені до таблиці 8.1.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.1 Основні техніко-економічні показники базової та вдосконаленої конструкції клеїльного пресу

Найменування показників	Одиниця виміру	Устаткування	
		Діюче, яке підлягає модернізації (базове)	Після модернізації (нове)
Продуктивність	т/рік	100	125
Обрізна ширина паперу	м	4,250	4,250
Потужність електродвигунів	кВт	200	200
Діаметр гумованого валу	м	0,8	0,8
Діаметр стонітового валу	м	0,8	0,8
Сухість після клеїльного пресу	%	80	82
Брак продукції	%	-	-40%
Площа, яку займає клеїльний прес в цеху	м <sup>2</sup>	50	55

Науковий керівник:

к.т.н, ст. вик. каф. МАХНВ

\_\_\_\_\_

О.А. Новохат

## 8.2 Розрахунок суми капітальних витрат

Вдосконалення конструкції діючого базового устаткування – клеїльного пресу КРМ, здійснюється з метою зменшення налипання картонного полотна на сушильному циліндрі та зменшення витрат теплоти на сушіння. Разом з тим, модернізація діючого базового устаткування підприємства – це різновид зміни конструкції до найвищого та найсучаснішого рівня. Тобто, модернізація діючого базового устаткування підприємства означає внесення змін в його конструкцію з метою попередження його фізичного та морального зносу, а також підвищення його техніко-економічних параметрів.

В подальшому поняття «модернізація» вживається також і під терміном «удосконалення устаткування». Це пояснюється тим, що методичні підходи до розрахунків техніко-економічних показників є однаковими для обох вищевказаних видів робіт.

Економічно доцільно здійснювати роботу з удосконалення діючого базового устаткування, поєднуючи її з капітальним ремонтом. За результатами виробничої практики на ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат» встановлено, що модернізація устаткування хімічної, нафтопереробної та паперової галузей забезпечує збільшення його продуктивності на 10 – 20%, а понесені на неї витрати не перевищують половини вартості нових одиниць виробництва аналогічного призначення.

Капітальні витрати підприємства визначаються сумою витрат на розробку та виготовлення необхідних елементів устаткування або ж придбання його у компанії-виробника з включенням всіх витрат на придбання, встановлення та налагодження об'єкту. Придбання системи очищення внутрішньої оболонки валу в компанії-виробника є найбільш поширеним варіантом. Тому сума капітальних витрат в даному випадку складається з наступних елементів:

- витрати на проектно-конструкторські роботи по модернізації,

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76



- витрати на технологічну підготовку проекту модернізації,
- витрати на придбання та встановлення інфрачервоних випромінювачів.

Розрахунок капітальних витрат починається з визначення витрат на проектно-конструкторські роботи. По кожному виду робіт, відповідно до ступеня їх новизни, складності об'єкту, що проектується, та з використанням норм часу на розробку конструкторської документації, визначаємо загальний нормативний час конструкторської підготовки виробництва із зазначенням професії та кваліфікації виконавця робіт.

Результати розрахунку трудомісткості конструкторської підготовки внесені до таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 Результати розрахунку трудомісткості конструкторської підготовки

Найменування конструкторської документації або видів робіт	К-сть листів	Групи*		Норми часу, год.		Кваліфікація виконавця
		Новизни	Складності	На одиницю	Всього	
Складальний кресленик клеїльного пресу КРМ	A0x3	3	3	4	12	Інженер - проектувальник I категорії
Складальний кресленик гумованого валу КРМ	A1	4	4	3	6	Інженер - проектувальник I категорії
Кресленик випромінювачів інфрачервоних	A2	4	4	3	6	Інженер - проектувальник I категорії

Продовження таблиці 8.2

Схема автоматизації клеїльного пресу КРМ	A1	3	3	4	4	Інженер - проектувальник І категорії
Специфікація	8 A4	3	3	2	2	Інженер - проектувальник І категорії
Пояснювальна записка	150 A4	3	3	5	5	Інженер - проектувальник І категорії
Патентний пошук	15 A4	8	8	5	5	Інженер - проектувальник І категорії
Разом	A1x8 A4 - 173	28	28	28	40	-

\* Групи новизни та складності визначаються за п'ятибальною шкалою, де 1 – група найменш нових креслеників, складність виконання – найнижча. 5 – група найновіших конструкцій та розроблених креслеників, складність виконання – найвища.

Результати розрахунку основної заробітної плати виконавців проектно-конструкторських робіт представлено у таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 Заробітна плата виконавців проектно-конструкторських робіт

Найменування документів	Сумарна норма часу, год	Кваліфікація виконавців	Годинна тарифна ставка, грн	Заробітна плата, грн
Кресленик загального виду	12	Інженер - проектувальник I категорії	80	960
Складальний кресленик гумованого валу	6	Інженер - проектувальник I категорії	80	480
Складальний кресленик інфрачервоних випромінювачів	6	Інженер - проектувальник I категорії	80	480
Креслення окремих деталей	3	Інженер - проектувальник I категорії	80	240
Пояснювальна записка	8	Інженер - проектувальник I категорії	80	640
Разом	35	-	80	2800
З урахуванням премії (15 % від тарифу)	-	-	92	3220

Окрім того, на здійснення проектно-конструкторських робіт будуть використані матеріали та інші накладні витрати, наведені в таблиці 8.4.

Таблиця 8.4 Вартість матеріалів та інші витрати для проектно-конструкторських робіт

Найменування матеріалу	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн
Папір формату А4	упаковка	2	125	250
Ватман формату А1	шт.	8	15	120
Картридж до принтера	шт.	2	175	350
Олівець	шт.	6	5	30
Ручка	шт.	6	15	90
Разом витрати на матеріали	-	-	-	840
Накладні витрати (40% від основної зарплати)	-	-	-	1120
Загальна сума матеріальних та інших витрат	-	-	-	1960

Результати розрахунку витрат на проектно-конструкторські роботи зведені у таблицю 8.5.

Таблиця 8.5. Витрати на проектно-конструкторські роботи

Статті витрат	Сума, грн
Основна заробітна плата	2800
Додаткова заробітна плата (премія)	420
Відрахування на соціальні заходи (ЄСВ)	708,40
Вартість проектних матеріалів	840
Накладні витрати	1120
Разом	5888,40

Результати розрахунку трудомісткості на технологічну підготовку проекту модернізації внесені до таблиці 8.6.

Таблиця 8.6 Результати розрахунку трудомісткості технологічної підготовки проекту модернізації

Вид роботи	Групи склад-ності	Кількість одиниць	Норми часу, год.		Кваліфікація виконавця
			На оди-ницю	Всього	
Проектування технологічного процесу вдосконалення клеїльного пресу					
Розробка технологічного процесу	5	1	12	12	Інженер - проектувальник I категорії
Проектування встановлення ІЧ випромінювачів	5	1	8	8	Інженер-механік II категорії
Сумарна трудомісткість технологічної підготовки (t), год					20

Сума витрат на зарплату на технологічну підготовку проекту модернізації становить:

$$\text{КТП} = K_{\text{год}} \cdot \text{ТП} \cdot t(1 + \text{ЄСВ})(1 + \text{Пр}) = 80 \cdot 20 \cdot (1 + 0,22)(1 + 0,15) = 2244,8 \text{ грн},$$

де  $K_{\text{год}}$  ТП – заробітна плата виконавця за годину, грн,

t – норма часу на виконання робіт, год,

ЄСВ – ставка єдиного соціального внеску на заробітну плату 22%,

Пр – премія, встановлена на підприємстві, 15%.

Також для здійснення підготовчих робіт використовуються матеріали та інші накладні витрати, вартість яких внесено до таблиці 8.7.

Таблиця 8.7 Вартість матеріалів та інші витрати для технологічної підготовки

Найменування матеріалу	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн
Папір формату А4	упаковка	2	125	250
Ватман формату А1	шт.	1	15	15
Картридж до принтера	шт.	2	175	350
Разом витрати на матеріали	-	-	-	615
Накладні витрати (40% від основної зарплати)	-	-	-	896
Загальна сума матеріальних та інших витрат	-	-	-	1511

Результати розрахунку витрат на технологічну підготовку проекту модернізації зведені у таблиці 8.8.

Таблиця 8.8 Витрати на технологічну підготовку проекту

Статті витрат	Сума, грн
Основна зарплата	2244,8
Додаткова зарплата (премія)	336
Відрахування на соціальні заходи (ЄСВ)	566,72
Вартість проектних матеріалів	615
Накладні витрати	896
Разом	4658,52

Сума витрат на придбання та встановлення додаткового обладнання складається із ціни виробника даного обладнання, витрат на його

транспортування, монтаж і налагодження. Для даного проекту модернізації необхідним є придбання інфрачервоних випромінювачів у виробника компанії «Voith», Німеччина. Орієнтовна ціна даного обладнання з врахуванням витрат на доставку та курсу національної валюти ( $C_n$ ) становить 80000 грн.

Витрати на монтаж та налагодження розраховуються у відсотках від ціни обладнання (15 – 25%), в даному варіанті витрати складуть 15% з врахуванням обсягів робіт:

$$K_{дн} = C_n \cdot k = 80000 \cdot 0,15 = 12000 \text{ грн},$$

де  $K_{дн}$  – сума витрат на монтаж та налагодження,

$C_n$  – вартість додаткового обладнання,

$k$  – частка витрат на оплату робіт щодо монтажу та налагодження.

Таким чином, витрати на придбання та встановлення системи очищення внутрішньої оболонки гауч-валу складуть:

$$K = K_{дн} + C_n = 12000 + 80000 = 92000 \text{ грн}.$$

Загальна сума капітальних вкладень:

$$K_{заг} = П + КТП + K = 5888,40 + 4658,52 + 92000 = \\ = 102546,92 \text{ грн},$$

де  $K_{заг}$  – загальна сума капітальних вкладень у проект модернізації, грн,

$П$  – витрати на проектно-конструкторські роботи (таблиця 8.5), грн,

$КТП$  – сума витрат на технологічну підготовку (таблиця 8.8), грн.

### 8.3 Розрахунок економічного ефекту від впровадження модернізації

Економічний ефект від проведення модернізації клеїльного пресу КРМ буде отримано за рахунок:

- підвищення сухості картонного полотна після клеїльного пресу КРМ,
- збільшення продуктивності КРМ,
- зменшення кількості браку.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підвищення сухості картонного полотна після клеїльного пресу та зменшення кількості бракованої продукції призводить до підвищення продуктивності КРМ по абсолютно сухому паперу.

Приріст продуктивності КРМ в результаті його модернізації складатиме:

$$\Delta П = П_{\text{н}} - П_{\text{б}} = 125 - 100 = 25 \frac{\text{тонн}}{\text{рік}},$$

де  $\Delta П$  – приріст продуктивності за рік,

$П_{\text{б}}$ ,  $П_{\text{н}}$  – річна продуктивність обладнання до та після модернізації відповідно.

Тоді, підприємство отримає додатковий прибуток від зростання продуктивності обладнання:

$$E_1 = \Delta П \cdot П_{\text{гп}} = 25 \cdot 1151 = 28775 \text{ грн.}$$

де  $E_1$  – ефект від зростання продуктивності обладнання,

$П_{\text{гп}}$  – маржинальний прибуток від продажу за одиниці готової продукції, що дорівнює різниці ціни та змінних витрат на одиницю продукції, грн.

$$П_{\text{гп}} = Ц_{\text{г.п.}} - ЗВ = 50000 - 48849 = 1151 \text{ грн.},$$

де  $Ц_{\text{г.п.}}$  – ціна за тонну готової продукції. Згідно із прас-листом продукції ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат», 1 тонна картону коштує 50000 грн.

$ЗВ$  – змінні витрати підприємства, до яких входить ціна на сировину, необхідну для виготовлення тонни готової продукції ( $Ц_{\text{с}}$ , грн) та оподаткована заробітна плата основних працівників ( $ЗП_{\text{роб}}$ , грн.).

$$ЗВ = Ц_{\text{с}} + ЗП_{\text{роб}} = 30000 + 15450(1 + \text{ЄСВ}) = 48849 \text{ грн.}$$

Здійснення модернізації обладнання дозволить зменшити експлуатаційні витрати підприємства. Експлуатаційні (поточні) витрати при роботі устаткування, складаються з наступних статей витрат:

- витрати паливно-мастильних матеріалів,
- витрати на придбання та виготовлення запасних частин,



- витрати на оплату праці персоналу, що ремонтує устаткування,
- інші експлуатаційні витрати.

З достатнім для розрахунків ступенем точності, який базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина перевищення експлуатаційних (поточних) витрат для удосконаленого базового устаткування порівняно з новим аналогічним устаткуванням складає:

$$E_2 = q_{\text{баз}} \cdot \Phi_{\text{баз}} - q_{\text{нов}} \cdot \Phi_{\text{нов}} = 0,03 \cdot 2000000 - 0,02 \cdot 2102546,92 \\ = 17949,06 \text{ грн,}$$

де  $q_{\text{баз}} = 0,03$  – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат для базового устаткування клеїльного пресу КРМ, [10]

$q_{\text{нов}} = 0,02$  – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат для удосконаленого устаткування клеїльного пресу КРМ, [10]

$\Phi_{\text{баз}} = 2000000$  – первісна вартість базового устаткування, згідно із прас-листом компанії-виробника, млн. грн.,

$\Phi_{\text{нов}} = 2102546,92$  – первісна вартість удосконаленого устаткування, грн.

Таким чином, загальна сума додаткового річного прибутку підприємства за рахунок модернізації клеїльного пресу КРМ складе:

$$\text{ЧП} = (E_1 + E_2)(1 - c_{\text{под}}) = (28775 + 17949,06)(1 - 0,18) = \\ = 38313,72 \text{ грн,}$$

де ЧП – сума річного чистого прибутку, додатково отриманого підприємством після модернізації устаткування,

$c_{\text{под}}$  – ставка податку на прибуток, яка відповідно до Податкового кодексу України складає 18%.

#### 8.4 Оцінка ефективності модернізації устаткування

Оцінка ефективності модернізації клеїльного пресу КРМ здійснюється шляхом порівняння суми капітальних вкладень з отримуваним додатковим прибутком. Річний економічний ефект:

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E_{річ} = ЧП - K_{заг} \cdot E_n = 38313,72 - 102546,92 \cdot 0,1 = 28059,02 \text{ грн},$$

де  $E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень. Ця величина обернена нормативному терміну експлуатації устаткування:

$$E_n = \frac{1}{T} = \frac{1}{10}$$

де  $T = 10$  – нормативний термін експлуатації устаткування, років.

Також оцінка доцільності модернізації устаткування здійснюється за допомогою періоду окупності:

$$T_{ок} = \frac{K_{заг}}{ЧП} = \frac{102546,92}{38313,72} = 2,68 \text{ років},$$

де  $T_{ок}$  – період окупності капітальних вкладень в модернізацію устаткування.

Середній період окупності аналогічних проектів складає 1 – 3 роки, тому запропонована модернізація клеїльного пресу КРМ характеризується середнім періодом окупності.

Висновок: оскільки запропонована модернізація діючої на підприємстві базової клеїльного пресу КРМ має задовільний період окупності та приносить додатковий прибуток 28059,02 грн, то її впровадження на підприємстві є доцільним.

З метою вдосконалення проклеювання картонного полотна пропонується придбати інфрачервоні випромінювачі. Доставка, монтаж та перевірка забезпечення необхідних технологічних показників системи вакуум-очищення здійснюватиметься компанією-виробником.

В результаті модернізації клеїльного пресу на 25% підвищується продуктивність КРМ по абсолютно сухому паперу та зростає показник сухості картонного полотна. Покращуються властивості картону, що виготовляється на КРМ. Також до позитивного ефекту від модернізації відноситься покращення показників охорони праці та ергономіки обслуговуючого персоналу.

## Висновки

В процесі виконання магістерської дисертації виконано модернізацію клеїльного пресу картоноробної машини. Модернізація полягає в тому, що для зменшення налипання клею на наступному сушильному циліндрі після клеїльного пресу розроблено пристрої з інфрачервоними випромінювачами з проходженням через них газоподібного теплоносія. Теплота від інфрачервоного випромінювання поглинається плівками клею, що зумовлює його повне або часткове затвердіння. На технічне рішення подано заявку на патент України на корисну модель.

Для підтвердження працездатності конструкції та доцільності модернізації були розв'язані наступні задачі:

- обрано тип клеїльного пресу, який є оптимальним для забезпечення необхідного технологічного режиму;
- надано опис клеїльного преса та його основних складальних одиниць;
- розроблено технічну характеристику проектованої конструкції;
- проаналізовано сучасні конструкції клеїльних пресів картоноробної машини, визначено їх переваги і недоліки, вибрано конструкції аналогів;
- виконано розрахунки, що підтверджують надійність і працездатність обраної конструкції;
- проаналізовано відповідність розробленої конструкції вимогам охорони праці;
- надано рекомендації по виготовленню, монтажу та експлуатації пресової частини, які гарантують її надійну роботу;
- розроблено складальне креслення клеїльного пресу; установки інфрачервоних випромінювачів; валу притискного; шабера вала притискного та корита для збору надлишку клею. До креслень надано відповідні специфікації.

Основні результати дисертаційної роботи наведені в статті в науковому

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

журналі та на двох міжнародних науково-практичних конференціях з публікацією тез доповідей.

Розроблена конструкція клеїльного преса може бути використана для модернізації діючих аналогів.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Выводы

В процессе выполнения магистерской диссертации выполнена модернизация клеильного пресса картоноделательной машины. Модернизация заключается в том, что для уменьшения налипания клея на следующем сушильном цилиндре после клеильного пресса разработаны устройства с инфракрасными излучателями с прохождением через них газообразного теплоносителя. Теплота от инфракрасного излучения поглощается пленками клея, что приводит к его полному или частичному затвердеванию. На техническое решение подана заявка на патент Украины на полезную модель.

Для подтверждения работоспособности конструкции и целесообразности модернизации были решены следующие задачи:

- избран тип клеильного пресса, который является оптимальным для обеспечения необходимого технологического режима;
- предоставлено описание клеильного пресса и его основных сборочных единиц;
- разработана техническая характеристика проектируемой конструкции;
- проанализированы современные конструкции клеильных прессов картоноделательной машины, определены их преимущества и недостатки, выбрано конструкции аналогов;
- выполнены расчеты, подтверждающие надежность и работоспособность выбранной конструкции;
- проанализированы соответствие разработанной конструкции требованиям охраны труда;
- даны рекомендации по изготовлению, монтажу и эксплуатации прессовой части, которые гарантируют ее надежную работу;
- разработан сборочный чертеж клеильного пресса; установки

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

инфракрасных излучателей; вала прижимного; шабера вала прижимного и корыта для сбора избытка клея. С чертежами даны соответствующие спецификации.

Основные результаты диссертационной работы приведены в статье в научном журнале и на двух международных научно-практических конференциях с публикацией тезисов докладов.

Разработанная конструкция клеильного пресса может быть использована для модернизации действующих аналогов.

## Conclusions

During the implementation of the master's thesis, the modernization of the gluing press of the cardboard-making machine was carried out. The modernization consists in the fact that in order to reduce the glue sticking on the next drying cylinder after the adhesive press, devices with infrared emitters with the passage of a gaseous coolant through them are developed. Heat from infrared radiation is absorbed by the adhesive films, which leads to its complete or partial solidification. The technical solution filed an application for a patent of Ukraine for a utility model.

To confirm the efficiency of the design and the feasibility of modernization, the following tasks were solved:

- the type of the gluing press which is optimum for providing the necessary technological mode is chosen;
  - description of the gluing press and its main Assembly units;
  - developed technical characteristics of the designed design;
  - analyzed modern design size presses Board machine, determine their advantages and disadvantages, the chosen design analogues;
  - performed calculations confirming the reliability and performance of the selected design;
  - the compliance of the developed design with the requirements of labor protection is analyzed;
  - given recommendations for the manufacture, installation and operation of the press, which guarantee its reliable operation;
  - developed Assembly drawing of the adhesive press; installation of infrared emitters; shaft clamping; scraper shaft clamping and trough to collect excess glue.
- With the drawings, relevant specifications.

The main results of the thesis are presented in the article in the scientific journal and at two international scientific conferences with the publication of

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

abstracts.

The developed design of the adhesive press can be used to upgrade existing analogues.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## Перелік посилань

1. Технология целлюлозно-бумажного производства: справочные материалы : в 3 т. Т.3. Наилучшие доступные технологии в целлюлозно-бумажной промышленности, ч.3. / Всерос. Научно-исслед. ин-т целлюлозно-бум. пром.; [редкол.: Осипов П. С. (отв. ред.) и др.]. – Санкт-Петербург: Политехника, 2012. - 294 с.
2. Патент № 1643034 A1 (EP). Inventor: Horst Kaipf, Michael Otto. Assignee: Voith Paper Patent GmbH, Appl. No.: 05108899.5. Date: Sep.29.2006 – Заявл. 29.09.2004 (EP), опубл. 05.04.2006.
3. Патент № 2007/027150 A1 (EP). Inventor: ERICSSON TORE, KARLSSON HAKAN. Appl. No.: 0501910-4. Date: August 30.2006 – Заявл. 30.08.2006 (EP), опубл. 08.03.2007.
4. Патент № 204662181 (CN) Inventor: 姜兆宏 罗红 李秋芳 黄丽英. Original Assignee: 江西弘泰电子信息材料有限公司. Appl.No.: 201520081089. Date: Sep. 23.2015 – Заявл. 05.02.2015 (CN), опубл. 23.09.2015.
5. Патент № 2007/147949 A2 (EP). Inventor: KYTONEN PAULI. Assignee: Metso Paper, Appl. No.: 05108899.5. Date: Jun. 20.2007 – Заявл. 20.06.2007 (EP), опубл. 27.12.2007
6. Патент № 65921 (UA). Винахідник: Гробовенко Я.В., Зайцев С.В. Appl. No.: u201102276. Дата: Лютий 25.2011 – Заявл. 25.02.2011 (UA), опубл. 26.12.2011
7. Жидецкий В.Ц. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник/ За ред. канд.наук.доцента В.Ц.Жидецького – Львов, Афiша,2000-352с.
8. Технологічний регламент ПАТ «ККПК».
9. Эйшлин И.Я. Бумагоделательные и отделочные машины/ И.Я. Эйшлин – изд. 3-е, испр. и доп – М.: Лесная пром-сть, 1970. – 624 с.
10. Фляте Д. М. Технология бумаги. Учебник для вузов/ Фляте Д. М.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– М.: Лесная промышленность, 1988 – 440 с.

11. Марчевський В.М. Конструкторська документація курсових і дипломних проектів: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / укл. Марчевський В.М. – К.: Норіта-плюс, 2006. – 280с.: іл. ISBN 966-2975-04-7

12. Иванов С. Н. Технология бумаги/ Иванов С. Н. - изд. 3-е – М.: Школа бумаги, 2006. – 696 с.

13. Швецов Ю.Н. Расчет основных параметров бумаго- и картоноделательных машин: учебно-методическое пособие / сост. Ю.Н. Швецов, Э.А. Смирнова; ГОУ ВПО СПбГТУРП. - СПб., 2009. - 64 с.

14. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя.: в 3-х т. Т1/ В.И. Андреев. – М.: Машиностроение, 1979. – 960с.

15. Писаренко Г.С. Сопротивление материалов: Учебник для вузов / Под общ. ред. акад. АН УССР Г.С. Писаренко.– 4-е изд., перераб. и доп.– Киев: Вища школа. Главное изд-во, 1979. – 696с.

16. Чичаев В. А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства, Т.2. Бумагоделательные машины / В.А. Чичаев, М.Л. Глезин и др. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 264 с.

17. Стадник В. А. Розрахунок та конструювання валів. Вибір підшипників кочення за динамічною вантажопідйомністю / Уклад. В.А. Стадник. – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2004. – 108 с.

18. Загальний каталог підшипників SKF

19. Пожитков В.И. Монтаж и ремонт бумагоделательных машин/ В.И.Пожитков – М.: Лесная промышленность, 1973 г. – 312 с.

20. Розенплентер А.Е. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту для студентів хіміко-машинобудівних спеціальностей / Уклад. Розенплентер А.Е., Панішева Т.В., Лисенко С.В. – НТУУ КПІ Київ, 2005.-32 с.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Додаток А**  
**Технологічний процес виготовлення кільця торцевого**

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Зміст

Вступ _____	97
А.1 Мета й задачі розділу дипломного проекту „Технологія машинобудування” _____	98
А.2 Аналіз конструкції деталі на технологічність _____	98
А.3 Вибір заготовки і її техніко-економічне обґрунтування _____	100
А.3.1 Вибір технологічного процесу обробки поверхні _____	101
А.4 Вибір технологічних баз і обґрунтування вибраних схем базування _____	101
А.4.1 Вибір типового технологічного процесу _____	102
А.5 Розробка технологічного процесу _____	104
А.6 Визначення припусків на механічну обробку _____	105
А.6.1 Розрахунково-аналітичний метод _____	105
А.6.2 Аналоговий метод _____	109
А.6.3 Розрахунок режимів різання при свердлінні отворів Ø20 _____	110
А.6.4 Розрахунок норми часу на свердління отворів Ø 20 _____	111
А.6.5 Опис конструкції та розрахунок пристрою _____	112

					ЛБ71.02141.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічний процес виготовлення кільця торцевого			Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Сюрвасєв								
Перевір.		Двойнос								
Реценз.										
Н. Контр.										
Затверд.										
					КПІ ім.Ігоря Сікорського каф. МАХНВ					

## Вступ

Метою даного розділу пропонованого дипломного проекту є розроблення технології виготовлення деталі – кільця торцевого.

Для досягнення поставленої мети в процесі виконання роботи вирішені наступні завдання:

- здійснений аналіз технологічності деталі;
- обрана заготовка та спосіб її отримання;
- розроблений маршрутний технологічний процес виготовлення кільця торцевого;
- здійснений вибір обладнання, верстатних пристосувань та інструменту для механічної обробки деталі;
- визначені припуски на обробку кільця торцевого;
- розраховані режими різання та норми часу на виготовлення деталі;
- розроблене та розраховане спеціальне верстатне пристосування;
- виконане робоче креслення деталі та складальне креслення пристосування з специфікацією;
- заповнені операційні карти на всі операції механічної обробки заготовки.

Технологічний процес виготовлення кільця торцевого розроблений згідно [11]

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## **А.1 Мета й задачі розділу дипломного проекту „Технологія машинобудування”**

Метою розділу проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі – кільця торцевого ЛБ61.723344.002 і проектування кондуктора для свердлення 8 отворів.

У процесі виконання роботи вирішуються наступні завдання:

- розробка технології виготовлення деталі „кільце торцеве”, в яку входить вибір методу отримання заготовки й розрахунок припусків;
- вибір устаткування і інструментів для кожної операції;
- розрахунок режимів і сил різання та норм часу;
- проектування верстатного пристрою – кондуктора для свердлення отворів.

## **А.2 Аналіз конструкції деталі на технологічність**

Конструкція деталі є технологічною, тому що при її виготовленні та експлуатації витрати матеріалу, часу і засобів мінімальні. Оцінка технологічності проведена якісно та кількісно з розрахунком показників технологічності згідно ГОСТ 14201-83.

Ескіз заготовки наведено на рисунку А.1. Так як деталь має форму тіла обертання з відношенням висоти  $h$  і найбільшого діаметра  $D$ :

$$h \leq 0.5D$$

$$0,069 < 0,285,$$

то її можна віднести до класу ”кілець”.

Деталь – кільце торцеве в складальному вузлі виконує роль корпусу підшипника і використовується для встановлювання в ній підшипників, які полегшують обертання сорочки. В складальному вузлі дана деталь вставляється в обичайку вала і кріпиться вісьмома болтами М20. При виготовленні кільця

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

особливу увагу потрібно звернути на обробку установочної поверхні  $\varnothing 520h7$ , а також циліндричної поверхні  $\varnothing 360H8$  під манжету.

Кільце торцеве виготовлене з матеріалу – сталь 25Л ГОСТ 380-87.

Межа міцності (для даної сталі) – 491 МПа

Твердість *HB145*

Вибираємо метод отримання заготовки – лиття у пісчано-глинисту форму за металевими моделями з машинною формовкою, яка дає змогу забезпечити 9-й класу точності у відповідності з ГОСТ 26645-85.

Конфігурація виливки досить проста і дозволяє забезпечити легке витягання її моделі з форми, за допомогою фігурного стержня отримати литий отвір під діаметри: 346, 360, 460. Вся виливка може формуватися в одній опоці і виливна форма буде мати один плоский роз'єм, який дотикається до торця  $\varnothing 570/\varnothing 460$ .

Виливка має достатньо товсті стінки, які виключають їх "непроливи", не має різких переходів від тонких стінок до товстих. Клас точності і формовочні уклони відповідають вимогам стандарту; відходи металу при механічній обробці будуть не великими.

Аналіз технологічності дозволяє зробити наступні висновки:

- конструкція кільця не допускає обробку точних поверхонь "напрохід";
- досягається вільний доступ ріжучого інструменту до оброблюваних поверхонь;
- всі оброблювані поверхні та отвори або паралельні, або розташовані під прямими кутами одна до одної;
- в конструкції кільця кришки передбачені площини та отвори, які оброблюються стандартними інструментами.

В цілому конструкція деталі технологічна.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### А.3 Вибір заготовки і її техніко-економічне обґрунтування

Ескіз заготовки наведений на рисунку А.1.

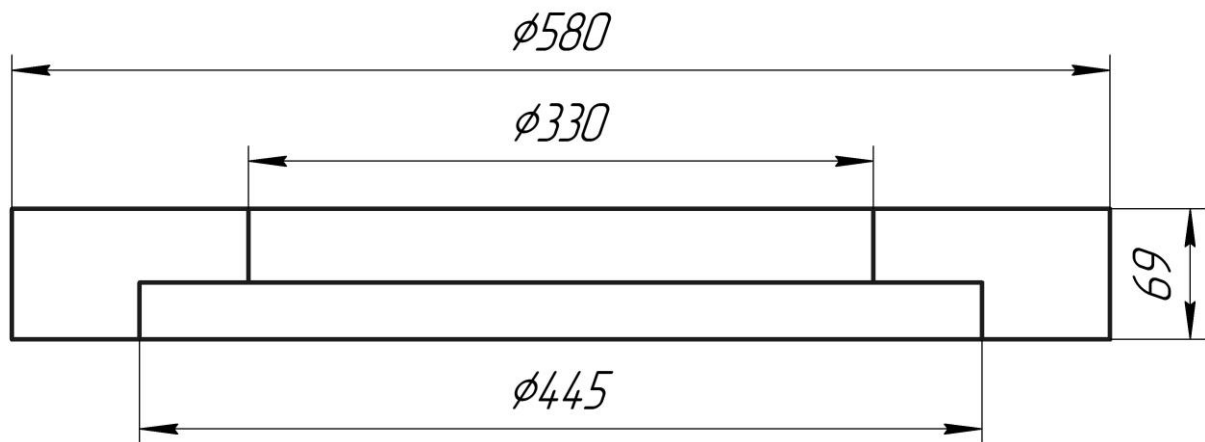


Рисунок А.1 – Ескіз заготовки

Відповідно до вимог креслення і внаслідок аналізу конструкції кільця і матеріалу видно, що слід застосувати литу заготовку. Вибраний спосіб лиття заготовки є досить якісним і точним, не потребує великих затрат на виготовлення виливної оснастки та організацію ділянки.

Враховуючи розміри і матеріал деталі, невисокі вимоги до якості виливки та невисоку вартість лиття в пісчано-глинисті форми, заготовку будемо отримувати литтям у форму з машинною формовкою за металевими виробами. Клас точності – дев'ятий згідно ГОСТ 26645-85. Вимоги до сталених виливок наведено в ГОСТ 26358-84, формовочні уклони – в ГОСТ 3212-80.

Виливна форма повинна мати, по можливості один плоский роз'єм та забезпечувати мінімальну кількість стержневих вставок. Для даної заготовки такою єдиною площиною роз'єму може бути тільки торець  $\phi 570/\phi 460$ .

Перевага цієї площини роз'єму в тому, що в ній знаходяться найбільші розміри заготовки, чим досягається мінімальна глибина формування, невеликі перепади розмірів виливки завдяки формовочним уклонам і добра якість відливки. Крім цього вся виливка формується в одній опоці і на її поверхні не буде дефектів, які виникають через зміщення опок.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### А.3.1 Вибір технологічного процесу обробки поверхні

Кільце торцеве відноситься до класу "кільця", тому типовий технологічний процес складається з наступних етапів:

- чорнова токарна обробка торця, внутрішньої поверхні на діаметрі 360 мм, зовнішньої поверхні на діаметрі 520 мм;
- чорнова обробка іншого торця;
- свердління отворів;
- завершальна обробка поверхонь шліфуванням.

Базування: чорновими базами  $\varnothing 520$  є внутрішній діаметр деталі та один торець; для всієї наступної обробки базами є оброблені на першій операції торець і циліндрична внутрішня поверхня.

### А.4 Вибір технологічних баз і обґрунтування вибраних схем базування

Деталь має поверхні, які необхідно обробити з точністю до квалітету, заданого для складання на кресленні, забезпечивши при цьому шорсткість поверхні не більше Ra1.6.

Тому первинну та остаточну обробку поверхонь деталей виконуємо окремими операціями, що дозволяє оновити структуру матеріалу деталі після попередньої і перед наступною операціями через більш тривалий проміжок часу. Так як тип виробництва – малосерійний, то при виборі технологічних баз вважаємо, що обробка поверхні деталі виконується на багатоцільових верстатах з ЧПУ, тому що в одній операції виконується декілька переходів за одне

встановлення заготовки. Для вибору технологічних баз виконуємо класифікацію поверхонь за службовим призначенням:

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- основна конструкторська база – поверхня:  $\varnothing 520h7$ ; торець  $\varnothing 570/\varnothing 520$ ;
- додаткова конструкційна база – отв.  $\varnothing 460$ ; торець;
- вільні поверхні – всі інші окрім вище названих.

В якості постійної бази раціонально буде використовувати поверхню  $\varnothing 460$  (установочна); торець  $\varnothing 520/\varnothing 460$  (опорна база).

Для реалізації цього необхідно перераховані бази обробити дуже точно, а для отворів забезпечити точні координати. Тому постійні технологічні бази використовуємо для чистих і кінцевих операцій.

У першій токарній операції підготуємо бази для наступних операцій.

Технологічні бази: торець  $\varnothing 570/\varnothing 460$  – установочна база, бокова зовнішня поверхня – опорна база. Дана схема базування забезпечує мінімальні поверхні базування.

В першій операції обробляємо внутрішні поверхні обертання  $\varnothing 360$  та  $\varnothing 460$ , зовнішню –  $\varnothing 520$ . В другій токарній операції деталь базуємо на оброблену поверхню  $\varnothing 460$  і торець та виконуємо обробку другої сторони деталі, В третій – свердління восьми отворів  $\varnothing 20$ . В четверта та п'яті – шліфуємо поверхні  $\varnothing 520$  та  $\varnothing 360$  відповідно.

#### **А.4.1 Вибір типового технологічного процесу**

З урахуванням малосерійного типу виробництва, виготовлення деталі типу "кільце" виконуємо за наступним типовим технологічним процесом:

- попередня і кінцева токарні обробки поверхонь обертання, а також чорнова обробка торця за дві операції;
- свердлення отворів;

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

— відділка точних поверхонь — шліфуванням.

Маршрут обробки поверхні деталі наведений в таблиці А.1

Таблиця А.1 - Маршрут обробки поверхні деталі

Розмір поверхні		Допуск на розмір, мм		$K_{уж}$	$\eta$	кв точн	Шорсткість, мкм	метод обробки поверхні
деталь	загот.	$T_3$	$T_d$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ø360H8	Ø360	1,76	0,23	7,65	2,92	14	12,5	точити попередньо
						10	3,2	точити кінцево
						8	1,6	шліфувати кінцево
Ø520h7	Ø520	2,55	0,21	12,1	4,75	14	12,5	точити попередньо
						10	3,2	точити кінцево
						7	1,6	шліфувати кінцево
Ø460	Ø460	2,25	0,185	12,2	4,9	14	12,5	точити попередньо
						12	6,3	точити кінцево
Ø20	Ø20	0,1	0,043	2,3	1,56	11	6,3	точити попередньо
						9	3,2	точити кінцево

Коефіцієнт жорсткості точності розміру Ø360H8:

$$K_{уж} = \frac{T_3}{T_d} = \frac{1,76}{0,23} = 7,65$$

Коефіцієнт жорсткості точності розміру Ø360H8:

$$K_{уж} = \frac{T_3}{T_d} = \frac{2,55}{0,21} = 12,1$$

Коефіцієнт жорсткості точності розміру Ø460:

$$K_{уж} = \frac{T_3}{T_d} = \frac{2,25}{0,185} = 12,2$$

Коефіцієнт жорсткості точності розміру Ø20:

$$K_{уж} = \frac{T_3}{T_d} = \frac{0,1}{0,043} = 2,3$$

$T_3, T_d$  - допуск розміру заготовки й деталі що виходить.

Кількість необхідних технологічних переходів Ø360H8:

$$\eta = \frac{LgK_{уж}}{0,46} = \frac{Lg7,65}{0,46} = 2,92$$

Кількість необхідних технологічних переходів Ø360H8:

$$\eta = \frac{LgK_{уж}}{0,46} = \frac{Lg12,1}{0,46} = 4,75$$

Кількість необхідних технологічних переходів Ø360H8:

$$\eta = \frac{LgK_{уж}}{0,46} = \frac{Lg12,2}{0,46} = 4,9$$

Кількість необхідних технологічних переходів Ø360H8:

$$\eta = \frac{LgK_{уж}}{0,46} = \frac{Lg2,3}{0,46} = 1,52$$

## А.5 Розробка технологічного процесу

Операція 001. Токарна з ЧПУ.

1. Підрізати торець Ø520/Ø460.
2. Підрізати торець Ø460/Ø360.
3. Підрізати торець Ø360/Ø346.
4. Точити поверхню Ø360
5. Точити поверхню Ø520

Бази: установочна – поверхня Ø346; опорна база – торець Ø346/Ø460.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						104
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Модель станка: токарний напівавтомат з ЧПУ (1П756ДФ321).

Пристосування: патрон трьохкулачковий самоцентрувальний з пневмоприводом.

Примітка: поверхні 4 та 5 точити начорно, начисто.

Операція 005. Токарна з ЧПУ.

1. Підрізати торець  $\varnothing 460/\varnothing 346$ .

Бази: установча – поверхня  $\varnothing 460$ ; опорна база – торець  $\varnothing 520/\varnothing 460$ .

Модель верстата: токарний напівавтомат з ЧПУ (1П756ДФ321).

Пристосування: патрон трьохкулачковий самоцентрувальний з пневмоприводом.

Операція 010. Свердлильна з ЧПУ.

1. Свердлити вісім отворів  $\varnothing 20$

Бази: торець  $\varnothing 520/\varnothing 460$ ; поверхня  $\varnothing 460$

Обладнання: вертикально – свердлильний з ЧПУ; модель – 2Н55

Пристосування: кондуктор спеціальний.

Операція 015. Шліфувальна

1. Шліфувати поверхню 4

Бази: установочна – поверхня  $\varnothing 346$ ; опорна база – торець  $\varnothing 346/\varnothing 460$ .

Операція 020. Шліфувальна

1. Шліфувати поверхню 5

Бази: установочна – поверхня  $\varnothing 346$ ; опорна база – торець  $\varnothing 346/\varnothing 460$ .

## **А.6 Визначення припусків на механічну обробку**

### **А.6.1 Розрахунково-аналітичний метод**

Для циліндричної зовнішньої поверхні  $\varnothing 520h7$  мінімальний припуск визначають за формулою:

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

$$2Z_{i\min} = 2 \left[ (R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\sum_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2} \right], \quad (\text{A.1})$$

де  $R_{zi-1}$  — висота нерівностей профілю литої заготовки;

$h_{i-1}$  — глибина дефектного поверхневого шару литої заготовки;

$\Delta_{\sum_{i-1}}$  — сумарне відхилення розташування поверхні;

$\varepsilon_i$  - похибка встановлювання заготовки при точінні.

Визначаємо мінімальний припуск для чорнового точіння по формулі А.3:

$$2Z_{1\min} = 2 \left[ (R_z + h)_0 + \sqrt{\Delta_{\sum_0}^2 + \varepsilon_1^2} \right] = 2 \left[ (300) + \sqrt{1765^2} \right] = 4139,27 \text{ мкм}$$

Сумарне значення  $R_z$  і  $h$  для виливків 9-го класу точності вибираємо з таблиць [8]:

$$(R_z + h)_0 = 300;$$

$$(R_z + h)_I = 200;$$

$$(R_z + h)_2 = 80.$$

Сумарне значення просторових відхилень для литих поверхонь визначається за формулою:

$$\Delta_{\sum_0} = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{см}}^2} = \sqrt{488^2 + 1697^2} = 1765 \text{ мкм},$$

де  $\Delta_{\text{кор}}$  - короблення, потрібно враховувати як в діаметральному  $\Delta_{\text{кор}} \cdot d$ , так і в осьовому  $\Delta_{\text{кор}} \cdot L$  перерізі поверхні, тому:

$$\Delta_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_{\text{кор}} d)^2 + (\Delta_{\text{кор}} L)^2} = \sqrt{(1 \cdot 480)^2 + (1 \cdot 95)^2} = 488 \text{ мкм}$$

Зміщення  $\Delta_{\text{см}}$  поверхні, що оброблюється необхідно визначати у вертикальній і горизонтальній площинах і воно повинно враховувати відхилення осі литого циліндру відносно базової поверхні, тому:

$$\Delta_{\text{см}} = \sqrt{\Delta_{\Gamma}^2 + \Delta_B^2} = \sqrt{1,2^2 + 1,2^2} = 1,697 \text{ мм} = 1697 \text{ мкм},$$

де  $\Delta_{\Gamma}, \Delta_B$  — зміщення в горизонтальній і вертикальній площинах [8].

Згідно ГОСТ 26645-85:

$$\Delta_{\Gamma} = \frac{S_1}{\cos \beta} = \frac{1,2}{\cos 0^\circ} = 1,2 \text{ мм},$$

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $S_1$  — зазор (горизонтальний) між знаком форми і поверхнею;

$\beta$  — виливний ухил.

Зміщення в вертикальній площині:

$$\Delta_B = S_2 = 1,2 \text{ мм},$$

де  $S_2$  — вертикальний зазор між знаком форми і стержнем.

Похибка встановлювання  $\varepsilon_i$  на переході, який виконується характеризується зміщенням оброблювальної поверхні у будь-якому напрямку при базуванні і закріпленні деталі в пристрої.

Вона визначається за формулою:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{100^2 + 80^2} = 128 \text{ мкм},$$

де  $\varepsilon_B, \varepsilon_3$  - похибка відповідно базування і закріплення в трьох-кулачковому патроні [8].

Визначаємо мінімальний припуск для чистового точіння по формулі А.1:

$$2Z_{2\min} = 2 \left[ (R_Z + h)_1 + \sqrt{\Delta \sum_1^2 + \varepsilon_2^2} \right] = 2 \left[ (200) + \sqrt{105,9^2 + 128^2} \right] = 710,26 \text{ мкм}$$

Просторові відхилення для чернових поверхонь:

$$\Delta \sum_1 = K_{Y_{\text{черн}}} \Delta \sum_0 = 0,06 \cdot 1765 = 105,9 \text{ мкм},$$

Визначаємо мінімальний припуск для чистового точіння по формулі А.3:

$$2Z_{3\min} = 2 \left[ (R_Z + h)_2 + \sqrt{\Delta \sum_2^2 + \varepsilon_3^2} \right] = 2 \left[ (80) + \sqrt{70,6^2} \right] = 301,2 \text{ мкм}$$

Просторові відхилення для чистових поверхонь:

$$\Delta \sum_2 = K_{Y_{\text{чист}}} \Delta \sum_1 = 0,04 \cdot 105,9 = 4,236 \text{ мкм}.$$

Дані розрахунків заносимо до табл. А.2.

Отримані результати перевіряємо за формулою:

$$\begin{aligned} T_{ЗАГ} - T_{ДЕТ} &= Z_{0\max} - Z_{0\min}, \\ 4400 - 70 &= 9383 - 5053, \\ 4330 &= 4330. \end{aligned}$$

де  $Z_0$  - сумарний загальний припуск;

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						107
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Z_{0min}$ ,  $Z_{0max}$  - мінімальний і максимальний відповідно;

$T_{ЗАГ}$ ,  $T_{ДЕТ}$  - допуск на заготовку і деталь.

Припуски на обробку поверхні Ø520h7, зображені на рис.А.2.

Таблиця А.2 Розрахунок припусків на обробку поверхні Ø520h7

переходи обробки поверхні	пісчано- глинисту форму (9й квалітет)	Точіння чорнове (14-й квалітет)	напівчистове (10-й квалітет)	шліфування (7-й квалітет)	Загальний припуск
$R_z$	300	100	40	20	—
$h$		100	40	20	—
$\Delta_\Sigma$	1765	105,9	70,6	—	—
$\epsilon_y$		128	—	7	—
ункові припуски		4139,27	710,26	301,2	—
ункові розміри	524,98 3	520,942	520,23	519,93	—
$T_{Lmax}$	4400	1750	280	70	—
Dimin	524,98 3	520,942	520,23	519,93	—
Dimax	524,98 3	522,692	520,51	520	—
2Zimin		4,041	0,711	0,301	5,053
2Zimax		6,691	2,181	0,511	9,383
x					





Поверхня що обробляється	Метод обробки	Квалітет точності	Шорсткість $R_a$	Припуск на сторону, мм	Операційні розміри з допусками
1	2	3	4	5	6
Торці	підрізати торець $\varnothing 360$ до кінця	14	12,5	2,0	$360 \pm 2,0$
	підрізати торець $\varnothing 460$ до кінця	14	12,5	2,0	$460 \pm 2,0$
	підрізати торець $\varnothing 520$ до кінця	14	12,5	2,0	$520 \pm 2,0$
	підрізати торець $\varnothing 570$ до кінця	14	12,5	2,0	$570 \pm 2,0$

Продовження таблиці А.3

$\varnothing 520H7$	шліфувати	7	1,60	0,07	$520 \pm 0,18$ 5
	точити до кінця	10	3,2	0,28	
	точити попередньо	12	12,5	0,7	
	заготовка	17	25	7,0	
$\varnothing 360H8$	шліфувати	8	1,6	0,68	
	точити до кінця	10	3,2	0,8	
	точити попередньо	14	12,5	1,0	
	заготовка	16	25	3,77	
$\varnothing 460$	точити до кінця	12	3,2	0,85	
	точити попередньо	14	12,5	1,0	
	заготовка	16	25	1,76	
$\varnothing 20$	свердлити отвір	11	6,3	0,78	—

### А.6.3 Розрахунок режимів різання при свердлінні отворів $\varnothing 20$

Матеріал який оброблюється – Сталь 25Л. Обладнання — радіально-свердлильний верстат 2Н55, інструмент – свердло спіральне  $\varnothing 20$  з швидко-різучої сталі Р6М5 (ГОСТ 4010–77); форма заточення свердла – нормальна.

Глибина різання  $t=10$  мм.

Призначаємо  $S_0=0,28$  мм/об. Приймаємо період стійкості інструмента  $T=45$  хв.

Швидкість різання, яка допускається періодом стійкості інструмента:

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		110

$$V_i = \frac{C_v D^q}{T^m S_0^q} k_v = \frac{9,8 \cdot 20^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,28^{0,5}} \cdot 0,65 = 28,8 \frac{\text{мм}}{\text{хв}} = 0,48 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

де:  $C_v = 9,8$ ;  $q = 0,4$ ;  $y = 0,5$ ;  $m = 0,2$ ;  $k_v = 0,65$  [8].

Обертовий момент та вічева сила:

$$M_{об} = 10 C_H D^q S^y k_p = 10 \cdot 0,345 \cdot 20^2 \cdot 0,28^{0,8} \cdot 0,68 = 33,9 \text{ Н} \cdot \text{м} ,$$

$$P_0 = 10 C_p D^q S^{y_1} k_p = 10 \cdot 68 \cdot 20^2 \cdot 0,28^{0,7} \cdot 0,68 = 1115,78 \text{ Н} ,$$

де значення коефіцієнтів та показників [8]:

$$C_H = 0,0345 ; q = 2,0 ; y = 0,8 ; C_p = 68 ; q = 1,0 ; y_1 = 0,7 .$$

$k_p$  – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки,  $k_p = 0,68$ .

Потужність різання:

$$N_c = \frac{M_{об} n}{9750} = \frac{33,9 \cdot 500}{9750} = 1,74 \text{ кВт}$$

де  $n$  – частота обертання інструмента:

$$n = \frac{1000 V_0}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 31,4}{3,14 \cdot 20} = 461 \text{ об/хв}$$

По станку підбираємо наближене значення  $n_\phi = 500 \text{ об/хв}$  тоді тактична швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi D n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 500}{1000} = 31,4 \frac{\text{м}}{\text{хв}} = 0,52 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

По паспортним даним, потужність станка  $N_{кр} = 5,5 \text{ кВт}$ .

Приймаємо:  $t = 10 \text{ мм}$ ,  $S_0 = 0,28 \text{ мм/об}$ ,  $n_\phi = 500 \text{ об/хв}$ ,  $V_\phi = 31,4 \text{ м/хв}$ ,

$N = 1,74 \text{ кВт}$ ,  $S_{хв} = 0,28 \cdot 500 = 140 \text{ мм/хв}$ .

#### А.6.4 Розрахунок норми часу на свердління отворів Ø 20

Штучно-калькуляційний час на свердління:

$$T_0 = \frac{l + l_{\text{вп}} + l_{\text{пер}}}{S_{\text{хв}}} = \frac{45 + 0,3 \cdot 20 + 10}{140} = 0,36 \text{ хв}$$

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $l$  – довжина поверхні, яка оброблюється:  $l = t = 45 \text{ мм}$  ;

$l_{\text{ВР}} = 0,3 \cdot 20 \text{ мм}$  – довжина врізання;

$l_{\text{ПЕР}} = 10 \text{ мм}$  – довжина перебігу інструменту.

Таблиця А.4 Норми допоміжного часу.

№	Найменування дії оператора	Норма часу, міс.
1	Очистити пристрій від стружки	0,09
2	Встановити та зняти заготовку вручну	0,15
3	Закріпити та відкріпити заготовку	0,04
Всього		0,28

Для одного отвору:  $T_{\text{ц.к.}} = 0,36 + 0,28 = 0,64 \text{ хв}$

Для восьми отворів:  $T = 0,64 \cdot 8 = 5,12 \text{ хв}$

#### А.6.5 Опис конструкції та розрахунок пристрою

Для свердління восьми отворів  $\varnothing 20$  розробляємо кондуктор портальний, зображений на рисунку А.3.

Деталь встановлюється на три опорні штиря та попередньо орієнтується на них двома штифтами. При опусканні кондукторної плити 3 три пальці з конусними головками кінцево центрують деталь та своїми запlechами прижимають її до опор.

Опорна плита встановлена на двох поперечних містках. Положення плити визначається трьома циліндричними штифтами, які заходять в пази містків. Свердлення проводиться через швидкозмінні втулки.

Закріплення заготовки в виконується за допомогою прижиму її кондукторною плитою.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						112
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

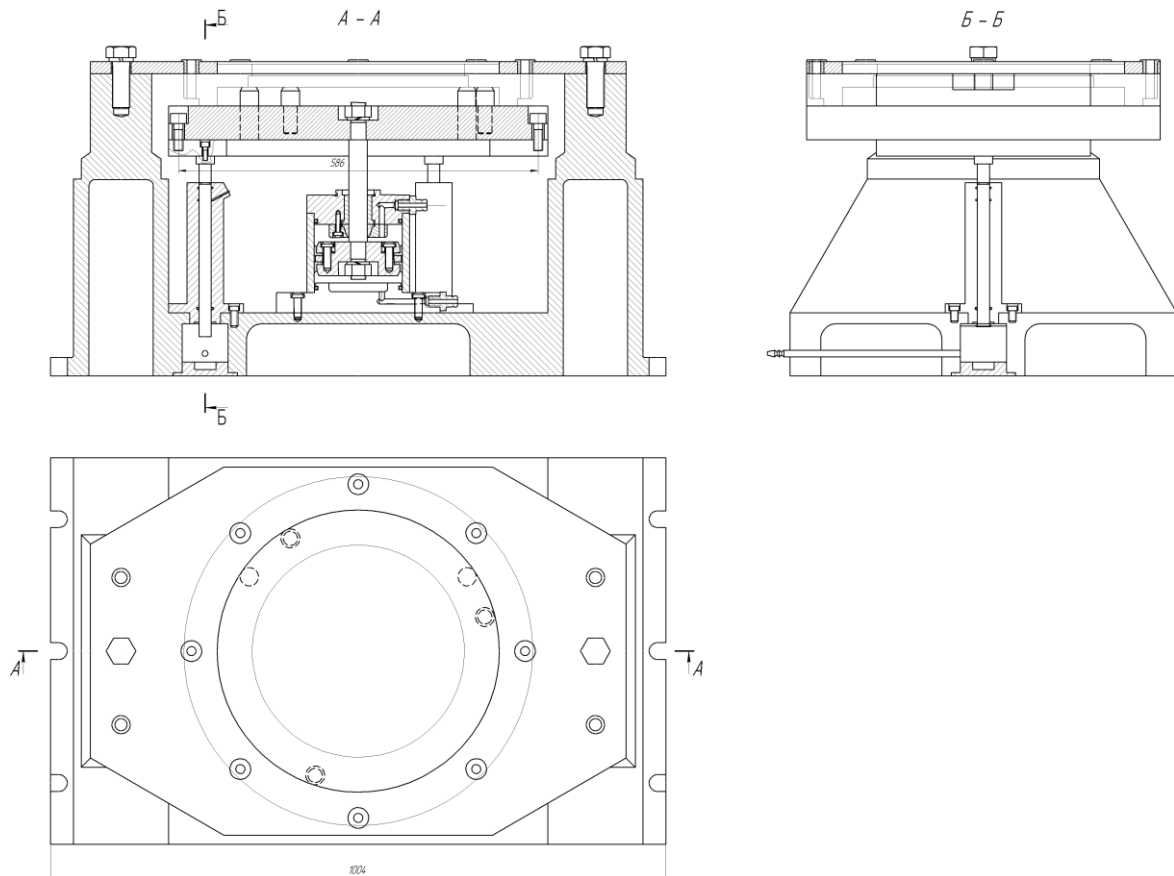


Рисунок А.3 - Схема розташування припусків на обробку поверхні  $\varnothing 520h7$

Зусилля притискання:

$$F = \frac{2M_{MAX}k}{D_f} = \frac{2 \cdot 33,9 \cdot 3,5}{0,52} = 456,4 \text{ Н} ,$$

де  $M_{max}$  – максимальний обертовий момент при свердлінні отвору  $\varnothing 20$ ,

$$M_{max} = 33,9 \text{ Н}\cdot\text{м} ;$$

$D$  – діаметр базової поверхні,  $D=0,52 \text{ м}$ ;

$k$ – коефіцієнт запасу,  $k = 3,5$ .

Площа поверхні поршня:

$$S = \pi R^2 = 3,14 \cdot 0,075^2 = 0,018 \text{ м}^2$$

Тиск в поршні:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{456,4}{0,018} = 25,4 \text{ кПа} ,$$

Оскільки прижим здійснюється двома поршнями, то тиск в камерах буде дорівнювати:

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		113

$$p_1 = p_2 = \frac{p}{2} = \frac{25,4}{2} = 12,7 \text{ кПа}$$

Приймаємо робочий тиск: 20 кПа.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Додаток Б**

**Автоматичний контроль і керування процесом проклеювання  
картонного полотна**

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						122
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

Целюлозно-паперове виробництво — одна із найважливіших галузей сучасної промисловості в Україні. Це дуже складне багатоопераційне виробництво, яке характеризується значною матеріаломісткістю та трудомісткістю. Але не дивлячись на великі затрати енергоресурсів, воно залишається стратегічно важливим для держави.

Автоматизація виробничих процесів є найважливішою задачею істотного підвищення продуктивності праці, поліпшення якості продукції, що випускається, чи збереження та зменшення витрати енергії, зменшення кількості обслуговуючого персоналу, поліпшення організації виробництва, підвищення надійності роботи.

Автоматизація дає можливість звільнити людину від особистої участі у виробництві, а функції керування технологічним процесом, механізмами, машинами передати автоматичним пристроям.

Комплексна автоматизація процесів і апаратів хімічної технології припускає не тільки автоматичне забезпечення нормального ходу цих процесів із використанням різних автоматичних пристроїв, але й автоматичне керування пуском і зупинкою апаратів для монтажних робіт і критичних ситуацій.

Успішне рішення усіх вище перерахованих задач досягається впровадженням у виробництво автоматичних систем керування та контролю.

Система автоматичного керування процесу пресування картонного полотна для одержання якісного картону при заданій продуктивності машини.

Метою даної роботи є автоматизація процесу проклеювання картонного полотна в клеїльному пресі картоноробної машини.

Щоб досягти заданої мети, необхідно:

- 1) Розробити функціональну схему автоматизації;
- 2) Підібрати прилади та засоби автоматизації;

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						123
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## Б.1 Опис технологічної схеми процесу

Картонне полотно проходить між двома валами, клей наноситься двома сприсковими трубами, розташованими над валами преса. Для створення між валами необхідного рівня клейової ванни, однакового по всій ширині полотна, передбачені торцеві щитки. Надлишок клею через зазори між торцевими щитками і валами стікає в воронки, звідки направляється в збірники, з яких відводиться на установку підготовки клею. По краях валу передбачені корита для уловлювання розбризкування клею.

Після клеїльного преса для уникнення утворення складок картонне полотно рівномірно розправляється по ширині за допомогою розгінного валику і надходить у сушильну частину з роздільним паропостачання верхніх і нижніх циліндрів. Температура циліндрів після клеїльного преса повинна збільшується поступово.

Регулювати величину лінійного тиску між валами можливо за допомогою механізму притискання, який може досягати 30 кН/м. Механізм притискання складається з пневмокамери, діафрагми, штоку та важелів.

## Б.2 Аналіз технологічного процесу пресування як об'єкта автоматизації

Постановка задачі автоматизації:

- 1) Регулювання лінійного тиску між валами.
- 2) Регулювання подачі клею.
- 3) Контроль відсутності обриву полотна;
- 4) Контроль керування двигуном .

Параметри регулювання та контролю процесу відображенні в таблиці Б.1.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						124
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця Б.1 - Параметри регулювання та контролю процесу

№ з/п	Місце заміру параметра	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Механізм прижиму валів	Тиск	0,6 МПа	Контроль, регулювання
2	Привод вала	Частота обертання	200 об/хв	Контроль, регулювання, сигналізація
3	Подача клею	Тиск	0,25 МПа	Контроль, регулювання

### Б.3 Опис розробленої схеми автоматизації

Контур керування вилегчування валів складається з: фото датчика ФД1-14 (1-1), блока електричного перетворювача ФД2 (1-2), передаючого перетворювача Сафір-22ДВ-Вн (2-1), мікропроцесорного регулятора МІК-21 (2-2) та реверсивного магнітного пускача ПБР-3М (2-3).

Контур керування прижиму верхнього вала складається з: передаючого перетворювача Сафір-22ДВ-Вн (2-1), мікропроцесорного регулятора МВК-21 (2-2), реверсивного магнітного пускача ПБР-3М (2-3).

Контур керування подачі клею складається з: мікропроцесорного регулятора МІК-22 (3-1), двох електропневмо перетворювачів КЕПП-2М (3-2, 3-3) та двох мембранного виконавчого механізму МВМ-ППХ-320-40-0,5-1 (3-4, 3-5).

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						125
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Регулювання, контроль та сигналізація кількості обертів валів: на валах двох електродвигунів встановлено первинні перетворювачі електронного дистанційного тахометра типу К-1803 (Г-113) – поз. 4-1, 5-1. Сигнал з цих первинних перетворювачів поступає на проміжні перетворювачі (Р-1813) – поз. 4-2, 5-2, цей сигнал поступає на вторинні показувальні та реєструвальні прилади (РП-160) – поз. 4-3, 5-3, з функцією сигналізації (ЛС-47-1) – поз. НЛ2, НЛ3. Показники передаються на регулятори мікропроцесорні (Pandora-MPR2) – поз. 4-4, 5-4 де порівнюється задана кількість обертів з фактичною, і у випадку необхідності автоматично коректується. Далі сигнал через трипозиційний підсилювач потужності (У29.3М) – поз. 4-5, 5-5 передається на регулюючий привод, де збільшується або зменшується число обертів електродвигуна.

Специфікація на прилади і засоби автоматизації наведена в таблиці Б.2.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						126
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

У процесі роботи розроблено схему автоматизації пресової частини КРМ, складено специфікації на прилади та засоби автоматизації, наведено заводи-виробники приладів, засобів автоматизації, придатних для автоматичного керування процесом.

При розробці схем автоматизації технологічних процесів було забезпечено:

- отримання первинної інформації про стан технологічного процесу та устаткування;
- безпосередній вплив на технологічний процес для керування ним;
- стабілізацію технологічних параметрів процесу;
- контроль та реєстрацію технологічних параметрів процесу та стану технологічного устаткування.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						127
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця Б.2 – Специфікація на прилади і засоби автоматизації

Позиція на схемі	Назва параметра	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва та характеристика	Тип моделі	Кількість	Завод-виробник
1	2	3	4	5	6	7	8
1-1	Наявність полотна	5 мА	Канатикова заправка	Фотодатчик	ФД1-14	1	ООО "Укрпромцентр ЛТД" м. Харків
1-2			Щит	Електричний перетворювач	ФД2	1	ООО "Укрпромцентр ЛТД" м. Харків
HL1 HL2 HL3			Щит	Сигнальні лампи	СКЛ 12	3	АТ «Іскра», м.Львів
2-1	Тиск	0,5 Мпа	Механізм притискання	Перетворювач тиску	Сафір 22ДВ	1	ВО"Геофізприлад" м.Івано-Франківськ
2-2 3-1			Щит	Мікропроцесорний регулятор	МІК-21	3	Підприємство"МІКРОЛ" м.Івано-Франківськ
2-3			Щит	Реверсивний магнітний пускач	ПБР-3М	2	ООО "Армакіпсервіс" м.Київ
3-2 3-3			Щит	Електропневматичний перетворювач	КЕПП-2М	2	Завод приборів м.Каменогірськ
3-4 3-5			Пневмо-привід	Мембранний виконавчий механізм	МВМ-ППХ-320-40-0,5-1	9	„Прикарпатпромарматура" м. Івано-Франківськ
4-1 5-1	Частота обертання	200 об/хв	На валу	Первинний перетворювач сигналу електронного дистанційного тахометра	Г-113	2	ДП «Харківський електромеханічний завод»,м.Харків

Продовження таблиці Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8
4-2 5-2	Частота обертання		По місцю	Проміжний перетворювач сигналу електронного дистанційного тахометра	P-1813	2	ДП «Харківський електромеханічний завод», м.Харків
4-3 5-3	Частота обертання		Щит	Вторинний показувальний і реєструвальний, сигналізуючий прилад	РП-160	2	АТ «Львівприлад», м.Львів
4-4 5-4	Частота обертання		Щит	Мікропроцесорний регулятор	МІК-21	2	"Підприємство"МІКРОЛ" м.Івано-Франківськ
5-5 5-5	Частота обертання		По місцю	Трипозиційний підсилювач потужності для керування трифазним електроприводом	У29.3М	2	Ukrpromcentr LTD, ООО, м.Харків

ЛБ71.705533.001 ПЗ

## РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛБ71.08 РП

Найменування теми Модернізація пресу клеїльного картоноробної машини  
шифр теми ЛБ71.705433.001.000

Етап Проектування пристрою та його основних частин.

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень

ЛБ71.08.19.10.2018.

Обґрунтування регламенту пошуку **Предмет пошуку:** - конструкція пресів папероробних машин (*Об'єктом пошуку є винаходи та корисні моделі*).

**Мета пошуку інформації** – визначення патентної ситуації щодо клеїльних пресів (визначення патентноспроможності проєктованого пристрою і визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці).

**Визначення держав пошуку.** Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, Російська Федерація, США, Велика Британія, Німеччина, Франція, Канада, Швейцарія, Китай, Японія

**Ретроспективність.** Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, на корисну модель - 5 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 1998-2018.

**Класифікаційні індекси.** Міжнародна патентна класифікація: Int/ Cl. 6 : D21F 5/00; D21F 5/10; F26B13/18; F26B13/20; F28F5/02.  
Уніфікована десяткова класифікація УДК 676.03

**Джерела інформації.** 1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні бюлетені Укрпатенту та закордонних патентів 2) Науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу проектування картоноробних та папероробних машин.

Початок пошуку 03.09.2018 Закінчення пошуку 20.11.2018.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						130
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця А.1 – Регламент пошуку (форма Б.1 згідно ДСТУ 3575-97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси Int. Cl. 6	Ретро-спективність пошуку	Джерела інформації
Прес клеїльний, пресовий вал	Визначення патентно-здатності проєктованого пристрою й тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна, РФ, Велика Британія, Німеччина, Франція, Швейцарія, Канада, Японія, Китай, США	D21F5/00; D21F5/00; D21F5/10; CN1993521 ; F26B13/18; F28F5/02; F26B13/20; F26B13/16; УДК 676.03	1996-2016	Національні і зарубіжні офіційні бюлетені. Описи винаходів і корисних моделей; Эйдлин И. Я. Бумагоделательные и отделочные машины, изд. 3-е, испр. и доп. – М.: Лесная пром-сть, 1970. – 624 с. Фляте Д. М. Технология бумаги: Учебник для вузов. – М.: Лесная пром-сть, 1988. – 440 с. науково-дослідні статті фірми «VOITH».



Довідка про пошук № ЛБ71.08.ДП

Завдання на проведення патентних досліджень ЛБ71.705433.000.  
(номер)

Етап Проектування пристрою та його складових частин.

Номер, дата, завдання на проведення патентних досліджень

ЛБ71.08.19.10.2018.

Номер, дата регламенту пошуку ЛБ71.08РП, 19.10.2018.

Початок пошуку 03.09.2018 Закінчення пошуку 20.11.2018.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						132
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця А.2 - Джерела інформації. Використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформацій-на база, викорис-тана під час пошуку	Бібліографічні данні першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
Прес клеїльний, Пресовий вал	Україна, Російська Федерація, Великобританія, Німеччина, Фінляндія, Польща, Болгарія, Швеція, Франція, Японія, Китай, США	D21F5/00; D21F5/00; D21F5/10; F26B13/18; F28F5/02; F26B13/20; F26B13/16; УДК 676.03	Фонд НТУУ "КПІ" Державний патентний фонд бази даних об'єктів промислової власності, до яких надається безоплатний доступ в Інтернеті <a href="http://ep.espacenet.com/">http://ep.espacenet.com/</a>  <a href="http://brevets-patents.ic.gc.ca/opic-cipo/comdec/eng/search.html">http://brevets-patents.ic.gc.ca/opic-cipo/comdec/eng/search.html</a>  <a href="http://www.swissreg.ch">http://www.swissreg.ch</a>  <a href="https://patents.google.com/">https://patents.google.com/</a>	Описи винаходів патентів України №№ 1-60000. Описи корисних моделей патентів України №№ 1-2000. Описи винаходів патентів Російської Федерації №№ 2000000-2180000. Офіційний бюлетень "Промислова власність" Офіційні бюлетені "Открытия. Изобретения", "Изобретения", "Полезные модели", "Изобретения за рубежом", "Изобретение стран мира".	Національні і зарубіжні офіційні бюлетені. Описи винаходів і корисних моделей; Технологія целюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. II. Производство бумаги и картона. Ч. 1. Технология производства и обработки бумаги и картона. - Санкт-петербург, 2005. - 423с. Эйдлин И. Я. Бумагоделательные и отделочные машины, изд. 3-е, испр. и доп. - М.: Лесная пром-сть, 1970. - 624 с. Фляте Д. М. Технология бумаги: Учебник для вузов. - М.: Лесная пром-сть, 1988. - 440 с. науково-дослідні статті фірми «VOITH».

ЛБ71.705431.001 ПЗ

Таблиця А.3 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо їхньої дії
Auftragsvorrichtung	1643034 (EP). Inventor: Horst Kaipf, Michael Otto. Assignee: Voith Paper Patent GmbH, Appl. No.: 05108899.5. Date: Sep.29.2006	Діє
Device and Method for coating	2007/027150 (US). Inventors/Applicants (for US only): ERIKSSON, Tore [SE/SE]; KARLSSON Hakan[SE/SE]. Appl. No.: 0501910-4. Date: March 08.2007	Діє
Size press coated paper limit auxiliary device	204662181 (CN) Inventor: 姜兆宏 罗红 李秋芳 黄丽英. Original Assignee: 江西弘泰电子信息材料有限公司. Appl.No.: 201520081089. Date^ Sep. 23.2015 – Заявл. 05.02.2015 (CN), опубл. 23.09.2015.	Діє
Method and apparatus for treating a fibre web	2007/147949 A2 (US). Inventors: Kytonen Pauli. Appl. No.: U20060275. Filed: Jun. 21, 2006. Pub. Date: Dec. 27.2007	Діє
Пресовий клеїльний вал	65921 (UA). Винахідник: Гробовенко Я.В., Зайцев С.В. Appl. No.: u201102276. Дата: Лютий 25.2011 – Заявл. 25.02.2011 (UA), опубл. 26.12.2011.	Діє

Таблиця А.4 – Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу.

ОГД, його складові частини	Джерела інформації	Бібліографічні дані
Клеїльний прес	Эйдлин И. Я. Бумагоделательные и отделочные машины, изд. 3-е, испр. и доп.	М.:Лесная пром-сть, 1970. – 624 с.
Клеїльний прес	Фляте Д. М. Технология бумаги: Учебник для вузов.	М.: Лесная пром-сть, 1988. – 440 с.
Клеїльний прес	Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. II. Производство бумаги и картона. Ч. 1. Технология производства и обработки бумаги и картона.	Санкт-петербург, 2005. – 423с.

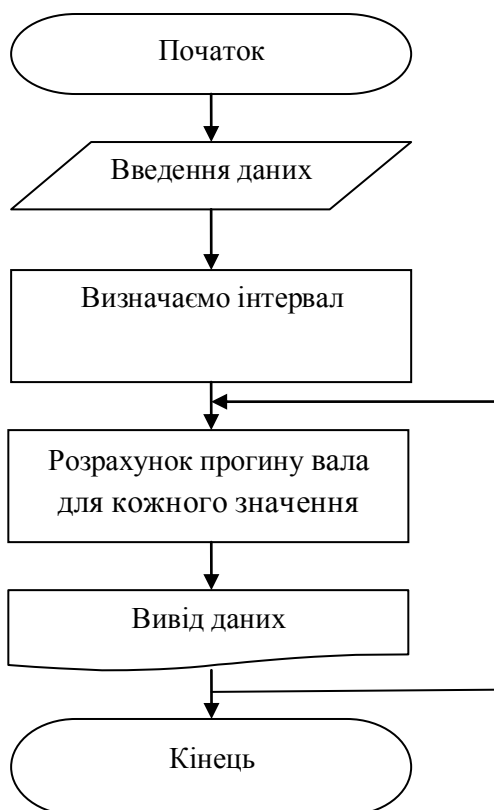
Таблиця А.5 – Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислової придатності проєктованого об'єкта

ОГД, його складові частини		Прототип		Очікуваний результат	Можливості використання у промисловості або іншій сфері	Номер поданої заявки, дата подачі заявки
Назва	Сукупність ознак	Бібліографічні дані	Сукупність ознак			
Вал клеїльного пресу	Нанесення клею з утворенням ванни; Гумований вал виконаний з еластичного матеріалу з низькою адгезією поверхні, на який наносяться жолобки.	Креслення клеїльного пресу КРМ типу К-28, розроблене ВАТ «Буммаш» («Ижтяжбуммаш») 1980 р.	Нанесення клею з утворенням ванни; Гумований вал.	Зменшення витрат клею, вологості картонного полотна на виході, витрат теплової енергії на досушування; ефективне проклеювання паперового полотна по всій ширині шляхом видалення надлишку клею.	Можливе використання в целюлозно-паперовій промисловості.	и 2015 11508 23.11.2015

**Додаток Г**  
**Комп'ютерний розрахунок шабера гауч-валу**

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						137
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Г.1 Алгоритм розрахунку шабера гауч-валу



## Г.2 Програма розрахунку

$q := 3000$

$l := 4.6$

$L := 5.7$

$E := 1.6 \cdot 10^{11}$

$I := 0.0081$

$\Delta x := \frac{1}{20} = 0.234$

$x := 0$

```

y := for 1 ∈ 10
    
$$\frac{q \cdot x \cdot (6 \cdot l \cdot L - 3l^2 - 2 \cdot x^2)}{48 E \cdot I}$$

     $x \leftarrow x + \Delta x$ 
return y
  
```

### Г.3 Виведення результатів

$$x_0 = x_{20} = 0 \text{ м}$$

$$x_1 = x_{19} = 0,234 \text{ м}$$

$$x_2 = x_{18} = 0,468 \text{ м}$$

$$x_3 = x_{17} = 0,702 \text{ м}$$

$$x_4 = x_{16} = 4 \cdot \Delta x = 0,936 \text{ м}$$

$$x_5 = x_{15} = 5 \cdot \Delta x = 1,17 \text{ м}$$

$$x_6 = x_{14} = 6 \cdot \Delta x = 1,404 \text{ м}$$

$$x_7 = x_{13} = 7 \cdot \Delta x = 1,638 \text{ м}$$

$$x_8 = x_{12} = 8 \cdot \Delta x = 1,872 \text{ м}$$

$$x_9 = x_{11} = 9 \cdot \Delta x = 2,106 \text{ м}$$

$$x_{10} = 10 \cdot \Delta \cdot x = 2,34 \text{ м}$$

$$y_0 = y_{20} = 0 \text{ м}$$

$$y_1 = y_{19} = 2,47 \times 10^{-6} \text{ м}$$

$$y_2 = y_{18} = 9,87 \times 10^{-6} \text{ м}$$

$$y_3 = y_{17} = 2,208 \times 10^{-5} \text{ м}$$

$$y_4 = y_{16} = 3,893 \times 10^{-5} \text{ м}$$

$$y_5 = y_{15} = 6,018 \times 10^{-5} \text{ м}$$

$$y_6 = y_{14} = 8,6552 \times 10^{-5} \text{ м}$$

$$y_7 = y_{13} = 1,146 \times 10^{-4} \text{ м}$$

$$y_8 = y_{12} = 1,469 \times 10^{-4} \text{ м}$$

$$y_9 = y_{11} = 1,819 \times 10^{-4} \text{ м}$$

$$y_{10} = 2,191 \times 10^{-4} \text{ м}$$



**Додаток Д**

**Патенти, які використані у патентному дослідженні**

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						140
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Додаток Е**  
**Публікації автора**

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						146
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**  
**СЮРВАСЄВА СЕРГІЯ ВАЛЕРІЙОВИЧА**

1. Сюрвасєв С.В. Сучасні конструкції клеїльних пресів / Сюрвасєв С.В., Новохат О.А. // Збірник тез доповідей XIV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання» (23-25 квітня 2018 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 153 с.

2. Сюрвасєв С.В. Технологія проклеювання картону / Сюрвасєв С.В., Новохат О.А. // Збірник тез доповідей XV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання» (28-29 листопада 2018 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 180 с.

3. Заявка на корисну модель 201812423 Україна МПК D21F 5/00, Установка інфрачервоних випромінювачів/ Новохат О.А., Сюрвасєв С.В. – № u2018 12423; заявл. 14.12.2018.

4. Сюрвасєв С.В. Метод сушіння картонного полотна після клеїльного преса / Сюрвасєв С.В., Новохат О. А. // Наука онлайн: Міжнародний електронний науковий журнал - 2018. - №11.

					ЛБ71.705533.001 ПЗ	Арк.
						147
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		